

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Nino Štrbo

PROMETNA ANALIZA I PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA
ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA NA PODRUČJU
GOSPODARSKE ZONE SVETA HELENA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 21. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za prometno planiranje**
Predmet: **Teorija prometnih tokova**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3900

Pristupnik: **Nino Štrbo (0231028548)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

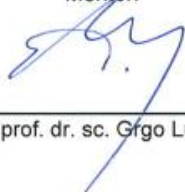
Zadatak: **Prometna analiza i prijedlozi poboljšanja odvijanja prometnih tokova na području gospodarske zone Sveta Helena**

Opis zadatka:

U diplomskom radu potrebno je odrediti područje obuhvata, te za definirano područje obuhvata analizirati postojeće stanje. Analizom postojećeg stanja potrebno je prikazati postojeće prometne tokove, njihov intenzitet, strukturu i smjerove strujanja (brojanjem prometa), cestovnu prometnu infrastrukturu, te ostale elemente važne za odvijanje prometnih tokova. Također potrebno je napraviti analizu buduće prometne potražnje predmetnog područja. Temeljem napravljene analize potrebno je navesti prijedloge poboljšanja odvijanja prometnih tokova, te izvršiti njihovu evaluaciju pripadajućim matematičkim modelima iz domene teorije prometnih tokova.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Grgo Luburić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**PROMETNA ANALIZA I PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA
ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA NA PODRUČJU
GOSPODARSKE ZONE SVETA HELENA**

**TRAFFIC ANALYSIS AND PROPOSALS FOR
IMPROVEMENT OF TRAFFIC FLOWS ON SVETA HELENA
ECONOMIC ZONE TERRITORY**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Grgo Luburić

Student: Nino Štrbo,
JMBAG: 0231028548

Zagreb, rujan 2017.

PROMETNA ANALIZA I PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA NA PODRUČJU GOSPODARSKE ZONE SVETA HELENA

SAŽETAK

U diplomskom radu napravljena je prometna analiza na području gospodarske zone Sveta Helena. Analiza se odnosi na definiranje postojećih prometnih tokova, sagledavanje cestovne prometne infrastrukture (posebice raskrižja) na prilaznom području navedene gospodarske zone, te analize ostalih elemenata značajnih za odvijanje prometnih tokova. Temeljem napravljene prometne analize uz predviđanje buduće prometne potražnje prikazana su pojedina idejna rješenja koja za cilj imaju optimiziranje odvijanja prometnih tokova na predmetnom području. Idejna rješenja prvenstveno se odnose na raskrižja jer su upravo raskrižja lokacije gdje se stvaraju zagušenja, sigurnosni problemi i veći zastoji na cestovnoj mreži. Također je napravljena i evaluacija predloženih rješenja kroz izračun evaluacijskih parametara koji ukazuju na uvjete odvijanja prometnih tokova, uz određivanje pripadajuće razine usluge kao najvažnijeg evaluacijskog indikatora. Izračun evaluacijskih parametara proveden je upotrebom analitičkih modela iz domene teorije prometnih tokova.

KLJUČNE RIJEČI: prometna analiza; prometni tok; gospodarska zona; raskrižje; razina usluge

TRAFFIC ANALYSIS AND PROPOSALS FOR IMPROVEMENT OF TRAFFIC FLOWS ON SVETA HELENA ECONOMIC ZONE TERRITORY

SUMMARY

In graduation thesis was made traffic analysis on Sveta Helena economic zone territory. The analysis applies to define existing traffic flows, overview the road traffic infrastructure (especially intersections) on access territory of that economic zone, and analysis other elements which are important for traffic flows. On the basis of the made traffic analysis with foresight the future traffic needs are shown preliminary solutions, which have for the purpose to optimize the traffic flows on the subject territory. Preliminary solutions primarily apply to intersections because the intersections are locations where make traffic congestion, safety problems and bigger traffic stoppages on the road network. Also, evaluation of proposed solutions was made through calculation of evaluation parameters which show the conditions for movement of traffic flows, along with defining associated level of service as most important evaluation indicator. The calculation of evaluation parameters was carried out by the use of analytic models from domain of theory of traffic flows.

KEYWORDS: traffic analysis; traffic flow; economic zone; intersection; level of service

SADRŽAJ

SAŽETAK / SUMMARY

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PODRUČJE OBUHVATA	3
2.1. Makrolokacija područja obuhvata	3
2.2. Mikrolokacija područja obuhvata	6
3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA.....	8
3.1. Analiza prostorno prometne dokumentacije.....	8
3.2. Poduzeća u gospodarskoj zoni.....	11
3.3. Analiza cestovne prometne infrastrukture	15
3.3.1. Analiza cestovnih prometnica na prilazu gospodarskoj zoni.....	15
3.3.2. Analiza cestovnih raskrižja na prilazu gospodarskoj zoni.....	18
3.4. Analiza cestovnih prometnih tokova	21
3.4.1. Analiza neprekidnog automatskog brojanja prometa	22
3.4.2. Analiza ručnog brojanja prometa	24
3.5. Analiza sigurnosti odvijanja prometa	37
4. ANALIZA BUDUĆE PROMETNE POTRAŽNJE.....	38
5. PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA.....	42
5.1. Prijedlog poboljšanja odvijanja prometnih tokova na raskrižju 1	42
5.2. Prijedlog poboljšanja odvijanja prometnih tokova na raskrižju 2	44
5.3. Prijedlog poboljšanja odvijanja prometnih tokova na raskrižju 3	47
5.4. Spajanje gospodarske zone na cestu D10	48
6. EVALUACIJA PREDLOŽENIH RJEŠENJA.....	50
6.1. Metodologija izračuna prometnih parametara klasičnih raskrižja u razini.....	50
6.1.1. Prioriteti prometnih tokova	51
6.1.2. Konfliktne tokovi.....	52
6.1.3. Kritične vremenske praznine i vrijeme slijeđenja.....	52

6.1.4. Potencijalni kapacitet	54
6.1.5. Realni kapacitet.....	54
6.1.6. Kapacitet zajedničkih trakova	56
6.1.7. Duljina repa čekanja.....	56
6.1.8. Prosječno vrijeme čekanja i razina usluge	56
6.2. Metodologija izračuna prometnih parametara raskrižja s kružnim tokom prometa	58
6.2.1. Izračun intenziteta pojedinog manevra i prometnog opterećenja u EJA jedinicama	59
6.2.2. Konfliktni tokovi.....	59
6.2.3. Propusna moć ulaznog dijela privoza	60
6.2.4. Intenzitet ulaza u vozilima po satu.....	60
6.2.5. Realni kapacitet ulaza	61
6.2.6. Stupanj zasićenja.....	61
6.2.7. Duljina repa čekanja.....	61
6.2.8. Prosječno vrijeme čekanja i razina usluge	62
6.3. Metodologija izračuna prometnih parametara za zone ulijevanja i izlijevanja	63
6.3.1. Prilagodba parametra prometne potražnje	64
6.3.2. Definiranje prometne potražnje u zoni ulijevanja i izlijevanja, te kapaciteta rampi, zone ulijevanja i zone izlijevanja.....	65
6.3.3. Proračun gustoće i određivanje razine usluge zona ulijevanja i izlijevanja.....	66
6.4. Prikaz izračunatih evaluacijskih parametara	67
7. ZAKLJUČAK	71
LITERATURA.....	72
POPIS SLIKA	74
POPIS TABLICA.....	76
POPIS GRAFIKONA	77
PRILOZI.....	78

1. UVOD

Kvalitetan prometni sustav čija je svrha obavljanje transporta ljudi, roba i informacija u odgovarajućim prometnim entitetima zauzimanjem dijela kapaciteta prometne infrastrukture prema utvrđenim pravilima i protokolima temelj je gospodarskog prosperiteta svake države. Po svojoj funkciji u gospodarstvu i šire, u društvu u cjelini, možemo prometni sustav usporediti s funkcijom krvotoka u ljudskom organizmu.

Danas se međutim rijetko koja država može pohvaliti kvalitetnim prometnim sustavom koji na optimalan način zadovoljava svu potražnju za prijevozom. Unutar kompletnog prometnog sustava posebno se ističe cestovna grana prometa koja se nalazi pred brojnim izazovima i problemima. Uzroci nastanka problema u cestovnom prometu su prvenstveno nagli razvoj cestovnog motornog prometa, odnosno konstantno povećanje broja vozila i za to neprilagođena cestovna prometna mreža. Prethodno navedeno rezultiralo je povećanim zagušenjima, kašnjenjima, problemom sigurnosti, te povećanim zagađenjem okoliša i slično. Osobito se navedeni problemi zamjećuju na područjima velikog generiranja prometa kao što su i gospodarske zone, a područje zone gospodarske namjene Sveta Helena je i predmet detaljnije analize (s prometnog stajališta) ovog diplomskog rada.

Gospodarske zone predstavljaju posebno izdvojen prostor za obavljanje različitih vrsta gospodarskih aktivnosti. Uspostavom gospodarskih zona lokalna samouprava stvara temelje za vlastiti gospodarski razvoj, odnosno osigurava niz prednosti za investitore u zonu, te za samo stanovništvo. Mogu biti smještene na različitim područjima, no u pravilu su najuspješnije one koje se nalaze na frekventnim međunarodnim prometnicama, uz riječne, morske ili zračne luke, te sličnim mjestima koja omogućuju njihovo profitabilno poslovanje, te optimalnu prometnu povezanost. Prostorno i infrastrukturno su definirane prostornim, odnosno urbanističkim planovima od strane jedinica lokalne samouprave. Infrastruktura gospodarskih zona podrazumijeva: energetska infrastrukturu, komunalnu infrastrukturu, komunikacijsku infrastrukturu, te prometnu infrastrukturu. Od prometne infrastrukture vrlo su značajne same pristupne ceste i pripadajuća im raskrižja kako bi se cestovni promet lako i bez zagušenja vodio pred poslovne objekte.

Predmetno područje trenutno nema problem zagušenja, no izgradnjom predviđenih dijelova gospodarske zone postojeća pristupna cestovna prometna mreža neće biti u mogućnosti odgovoriti nastaloj prometnoj potražnji. Način na koji se mogu riješiti navedeni problemi je ponajprije kvalitetno napravljena prometna analiza, uz dobro prognozirana buduća prometna opterećenja iz čega proizlaze prijedlozi idejnih rješenja na elementima

cestovne prometne mreže. Navedeno su i primarni ciljevi izrade ovog rada (analiza postojećeg stanja, prognoza buduće prometne potražnje, definiranje prijedloga poboljšanja). Svrha je diplomskog rada unaprijediti kvalitetu odvijanja cestovnih prometnih tokova na predmetnom području u vidu njihovog optimalnog strujanja, bez otpora koje uzrokuje njihova organizacija i usmjerenje na predmetnom području ili cestovna prometna mreža. Naslov diplomskog rada je: **Prometna analiza i prijedlozi poboljšanja odvijanja prometnih tokova na području gospodarske zone Sveta Helena**, te je rad podijeljen u sljedećih sedam poglavlja:

1. Uvod

2. Područje obuhvata

3. Analiza postojećeg stanja

4. Analiza buduće prometne potražnje

5. Prijedlozi poboljšanja odvijanja prometnih tokova

6. Evaluacija predloženih rješenja

7. Zaključak

Unutar drugog poglavlja prikazan je geoprometni položaj predmetne gospodarske zone, te je mikrolokacijski definirano područje obuhvata prometne analize ovog rada.

U trećem poglavlju napravljena je analiza postojećeg stanja, prvenstveno kroz analizu cestovne prometne infrastrukture, cestovnih prometnih tokova i ostalih značajnih elementa za odvijanje prometnih tokova.

U četvrtom poglavlju diplomskog rada analizirana je buduća prometna potražnja koja je napravljena kroz prognozu prometa koja se bazira na trendu rasta prometa na okolnim prometnicama predmetnog područja.

Prijedlozi poboljšanja odvijanja prometnih tokova kroz pojedina idejna rješenja vezana za raskrižja na prilaznim cestovnim prometnicama izloženi su u petom poglavlju.

Evaluacija predloženih rješenja napravljena je u vidu izračuna evaluacijskih parametara i definiranja razine usluge kao najvažnijeg evaluacijskog indikatora kroz postojeće analitičke modele iz domene teorije prometnih tokova, dok je u sedmom poglavlju napravljena rekapitulacija prethodno rečenog.

Za izradu diplomskog rada korištena je stručna literatura, te relevantni podaci prikupljeni na internetu koji se bave problematikom odvijanja cestovnih prometnih tokova.

2. PODRUČJE OBUHVATA

Za potrebe izrade prometne analize potrebno je definirati prostorne okvire istraživanja. Unutar ovog poglavlja stoga je definirana makrolokacija kroz geoprometni položaj gospodarske zone Sveta Helena. Analizom geoprometnog položaja određenog područja analizira se odnos tog područja prema glavnim prometnim pravcima i koridorima na razini države, Europe i svijeta [1]. Uz definiranje geoprometnog položaja, prostorni okviri istraživanja detaljnije su mikrolokacijski prikazani kroz prilazne odnosno pristupne prometnice i pripadajuća im raskrižja kojima cestovni prometni tokovi dolaze do gospodarske zone, a koja su i predmetom detaljnije obrade ovog rada.

2.1. Makrolokacija područja obuhvata

Sveta Helena smještena je u neposrednoj blizini (7 kilometara južno) od grada Svetog Ivana Zeline u čijem se teritorijalnom ustroju i nalazi. Grad Sveti Ivan Zelina smješten je na sjeveroistočnom dijelu Zagrebačke županije i graniči na zapadu s Gradom Zagrebom i Krapinsko zagorskom županijom, na sjeveru s Varaždinskom i Koprivničko - križevačkom županijom, a na istoku s općinama Preseka, Rakovec, Brckovljani i gradom Vrbovcem [2]. Položaj Svete Helene u odnosu na grad Sveti Ivan Zelinu prikazan je Slikom 1.



Slika 1. Položaj gospodarske zone u odnosu na grad Sveti Ivan Zelinu [2]

Sama zona gospodarske namjene nalazi se s istočne strane čvorišta autoceste A4 i brze ceste D10 u Svetoj Heleni. Brza cesta D10 presijeca gospodarsku zonu i dijeli je u dva segmenta (sjeverni i južni dio), što je prikazano na Slici 2.



Slika 2. Položaj gospodarske zone u mreži cesta visoke razine usluznosti

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [3]

Autocesta A4 pruža se od čvora Ivanja Reka prema Goričanu i sastavni je dio paneuroskog prometnog koridora Vb, odnosno TEN-T Mediteranskog koridora (Rijeka – Zagreb – Budimpešta). Ovom prometnicom povezani su glavni gradovi Hrvatske i Mađarske s lukom Rijeka, te je značajna njena uloga ne samo u povezivanju sjevera i juga zemlje, već i povezivanje Republike Hrvatske sa središnjom i istočnom Europom. To je osnovni longitudinalni pravac područja obuhvata [3].

Sekundarni longitudinalni pravac čini državna cesta nižeg ranga D3 (Goričan – Čakovec – Varaždin – Breznički Hum – Zagreb – Karlovac – Rijeka (D8)) koja se nalazi istočno od autoceste A4 i koja spajajući Zagreb (Sesvete) i Varaždin prolazi kroz naselja s mnogo raskrižja i bočnih priključaka te danas ima važnu funkciju u povezivanju lokalnog prostora [3].

Primarni transverzalni pravac je brza cesta D10 u smjeru istoka tj. prema Vrbovcu. Cesta D10 početna je etapa izgradnje budućih autocesta A12 (Sveta Helena – Vrbovec – Koprivnica - Gola) i A13 (Vrbovec – Bjelovar – Virovitica – Terezino Polje) koje će tvoriti cjelinu nazvanu Podravsko – bilogorski ipsilon čija je temeljna zamisao snažna prometna poveznica bilogorske regije, Podravine, odnosno zapadne Slavonije sa Zagrebom i središnjom

Hrvatskom [4]. Naravno da se ne smije zaboraviti ni međunarodni karakter navedenih autocesta u vidu povezivanja Republike Hrvatske sa središnjom i istočnom Europom. U smjeru zapada kao spoj čvora Sveta Helena s državnom cestom D3 proteže se županijska cesta Ž3016 (D3 – Sveta Helena – Rakovec), te cesta Ž3017.

Uz ceste visoke razine uslužnosti te ostale kategorije cesta neophodno je spomenuti i međunarodnu željezničku prugu M201 (Zagreb – Koprivnica – Budimpešta), čija je postaja u Vrbovcu deset kilometara udaljena od gospodarske zone [2].

Osim povoljnog položaja gospodarske zone u odnosu na cestovne i željezničke koridore ističe se i blizina međunarodne zračne luke u Zagrebu koja je udaljena 40-ak kilometara, te morska luka Rijeka na udaljenosti od 200 kilometara [2].

Od granice s Republikom Mađarskom (granični prijelaz Goričan - Letenye) gospodarska zona udaljena je 60 kilometara, a od granice s Republikom Slovenijom (granični prijelaz Bregana – Obrež) 50 kilometara [5].

Geoprometni položaj u mreži autocesta Republike Hrvatske, te u odnosu na susjedne zemlje vidljiv je na Slici 3.



Slika 3. Položaj gospodarske zone u mreži autocesta, te u međunarodnim okvirima

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [6]

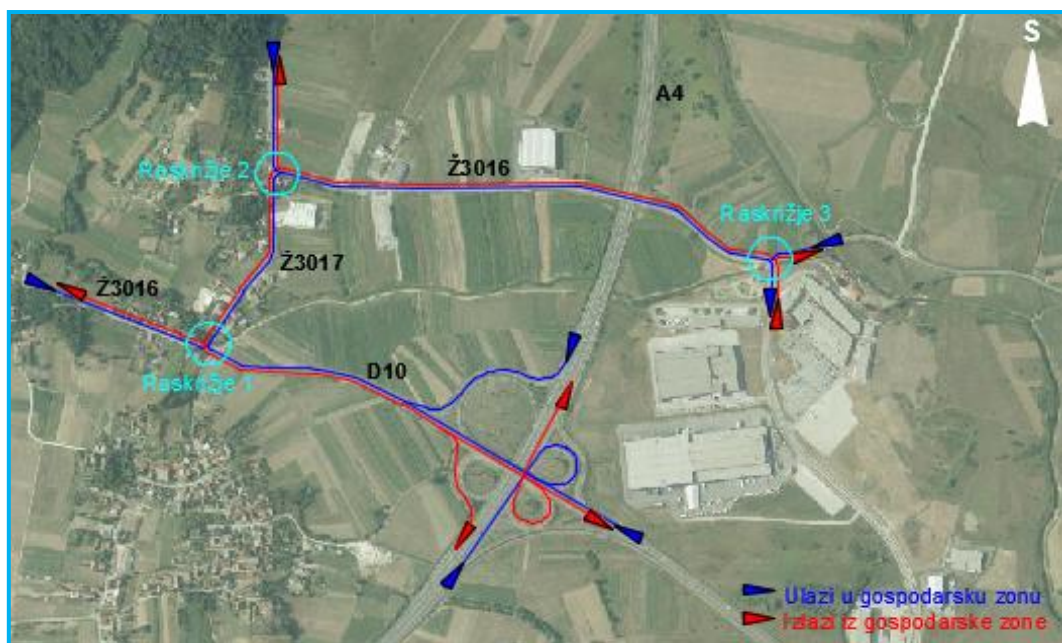
Povoljan geoprometni položaj gospodarske zone Sveta Helena uz važne međunarodne prometne koridore snažan je dokaz da ukoliko prometne strategije značajno promjene prometnu dostupnost zemljišta, to za posljedicu ima promjenu potražnje za zemljištem, te generiranje novog gospodarskog razvoja na takvim područjima.

2.2. Mikrolokacija područja obuhvata

Nakon definiranog geoprometnog položaja, u ovom poglavlju je prikazan način dolazaka cestovnih prometnih tokova do same gospodarske zone. Definiranjem načina dolazaka prometnih tokova do gospodarske zone mikrolokacijski su predočene postojeće prilazne prometnice, te posebice pripadajuća im raskrižja koja su u fokusu obrade u nastavku ovog rada.

S obzirom na lokaciju same zone, u blizini čvorišta na autocesti, te uz postojeće županijske ceste ulazi i izlazi u samu zonu Sveta Helena disperzirani su na više smjerova. Mogući ulazi odnosno izlazi u gospodarsku zonu prikazani su Slikom 4., a to su:

- ulaz/izlaz iz smjera čvorišta Sveta Helena
- ulaz/izlaz preko županijske ceste Ž3016 iz smjera zapada
- ulaz/izlaz preko županijske ceste Ž3017 iz smjera sjevera
- ulaz/izlaz preko županijske ceste Ž3016 iz smjera istoka



Slika 4. Mikrolokacija područja obuhvata

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [7]

Najznačajniji ulaz prometnih tokova u gospodarsku zonu događa se iz smjera čvorišta Sveta Helena. Iz navedenog smjera dolaze prometni tokovi sa autoceste A4 iz smjera sjevera i juga, te prometni tokovi s brze ceste D10 iz smjera istoka. Iz smjera zapada županijskom cestom Ž3016 dolaze prometni tokovi sa šireg područja grada Svetog Ivana Zeline. Važno je spomenuti i prometne tokove koji dolaze iz smjera sjevera županijskom cestom Ž3017, te najmanje frekventan ulaz iz smjera istoka županijskom cestom Ž3016 koji bi izgradnjom

gospodarske zone Mlaka (sjevernije od predmetne gospodarske zone) postao znatno frekventniji prometni pravac. Navedenim smjerovima moguć je i izlazak prometnih tokova iz područja gospodarske zone.

Navedene prometnice, a posebice pripadajuća im raskrižja nisu prilagođena prometnoj potražnji koju potencijalno može generirati gospodarska zona u budućnosti. Temeljem napravljene prometne analize stoga će se vrednovati postojeća cestovna prometna mreža sa stajališta udovoljavanja zahtjeva postignutog i očekivanog prometa. Za prikazana „uska grla“¹ (osobito raskrižja označena s 1, 2 i 3) u odvijanju prometnih tokova temeljem vrednovanja po napravljenoj prometnoj analizi biti će predložena idejna rješenja.

Označena raskrižja nisu isključivo vezana za samu gospodarsku zonu jer se preko njih odvija i promet koji ne ide prema njoj, tako da će prijedlozi poboljšanja podići razinu kvalitete odvijanja prometnih tokova na tom kompletnom području, ali što je najvažnije osigurati lak i siguran dolazak do gospodarske zone kao najznačajnijeg generatora cestovnih prometnih tokova na predmetnom području.

¹ Usko grlo na cestovnoj prometnoj infrastrukturi predstavlja dijelove cestovne infrastrukture s relativno nepovoljnijim tehničko-eksploatacijskim karakteristikama (suženje, uspon, zavoj, stanje kolnika) u odnosu na ostale dijelove ceste, koji utječu na pogoršanje osnovnih parametara prometnog toka, prije svega na smanjenje brzine i maksimalnog protoka, u odnosu na ove parametre kakve omogućuju ostali dijelovi ceste kada ne bi postojalo usko grlo.

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Analiza postojećeg stanja predstavlja analizu svih elemenata relevantnih za odvijanje prometnih tokova na području obuhvata prometne analize. Bitna je kako bi se dobio uvid u stvarno stanje na prometnicama, neovisno o tome obavlja li se korekcija postojećeg sustava ili se planiraju neki veći investicijski zahvati [1].

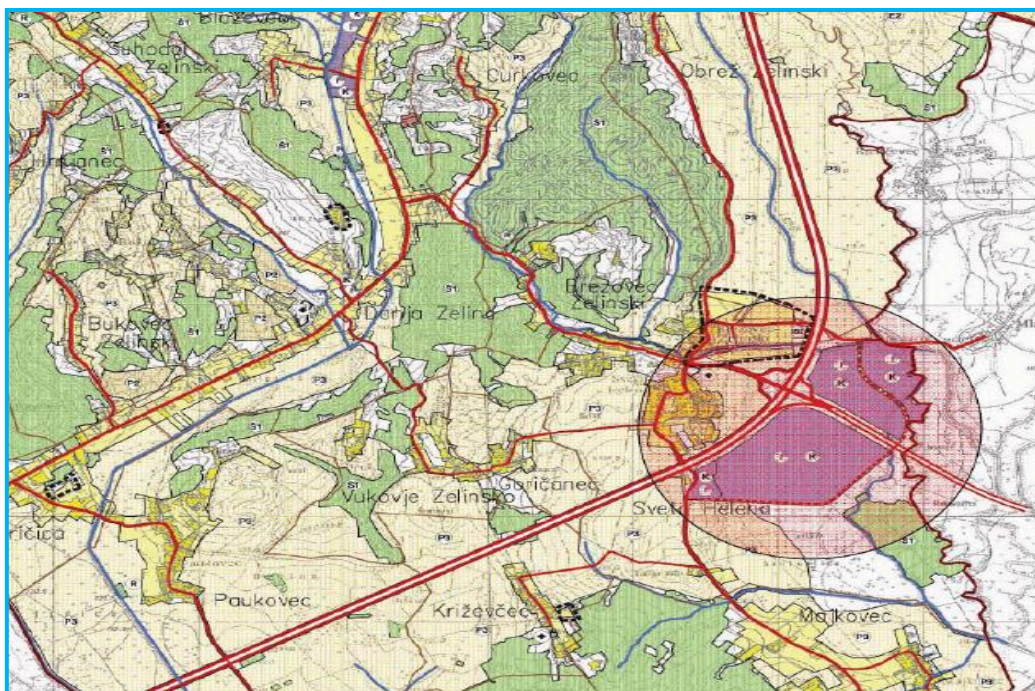
U radu u okviru analize postojećeg stanja prikazana je analiza prostorno prometne dokumentacije, strukture poduzeća u gospodarskoj zoni, cestovne prometne infrastrukture, postojećih cestovnih prometnih tokova, te analiza sigurnosti odvijanja prometa.

3.1. Analiza prostorno prometne dokumentacije

Dokumentima prostornog uređenja određuje se svrhovita organizacija, korištenje i namjena prostora, te mjerila i smjernice za uređenje i zaštitu prostora države, županija, općina i gradova. Takva dokumentacija se temelji na Zakonu o prostornom uređenju. Ovim se zakonom uređuje sustav prostornog uređenja, uvjeti i načini izrade, donošenja i provođenja dokumenata prostornog uređenja, te nadležnost tijela državne uprave i tijela jedinica regionalne i lokalne samouprave u provedbi mjera i aktivnosti kojima se osigurava planiranje i uređivanje prostora Republike Hrvatske [8]. Prostorna dokumentacija prisutna je u više razina, a za potrebe ovog diplomskog rada prikazani su dokumenti prostornog uređenja lokalne razine u vidu prikaza prostornog plana uređenja grada Svetog Ivana Zeline na području obuhvata, te dokument prostornog uređenja također lokalne razine u vidu prikaza urbanističkog plana uređenja same gospodarske zone Sveta Helena, odnosno dokumentacija koja je na bilo koji način povezana s prometnim sustavom ili može imati utjecaj na planiranje prometnog sustava. Strateških dokumenta za razvoj prometnog sustava ovog područja nema.

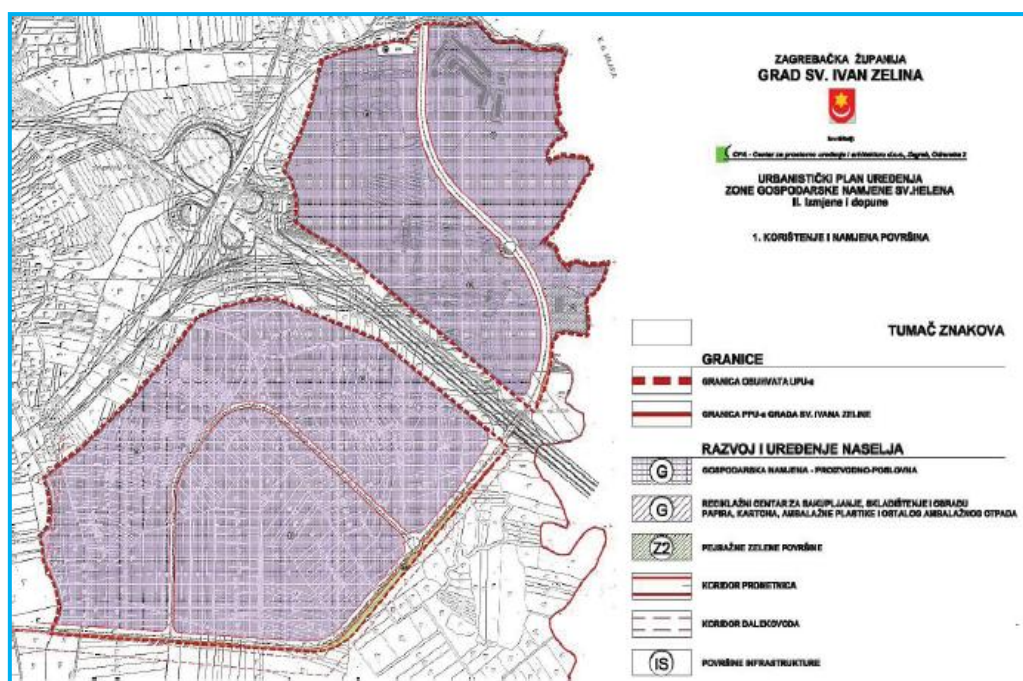
Prostorni plan uređenja općine ili grada utvrđuje uvjete za uređenje općinskog ili gradskog područja, određuje svrhovito korištenje, namjenu, oblikovanje, obnovu i sanaciju građevinskog i drugog zemljišta, zaštitu okoliša, te zaštitu spomenika kulture i osobito vrijednih dijelova prirode u općini, odnosno gradu [8]. Slikom 5. prikazan je izvod Prostornog plana uređenja grada Svetog Ivana Zeline za područje obuhvata ovog rada.

Urbanistički plan uređenja utvrđuje osnovne uvjete korištenja, namjene i uređenja javnih i drugih površina za naselje, odnosno dio naselja, prometnu, odnosno uličnu i komunalnu mrežu, te ovisno o posebnosti prostora smjernice za oblikovanje, korištenje i uređenje prostora [8]. Slikom 6. prikazan je urbanistički plan uređenja gospodarske zone uz osvrt na planiranu cestovnu prometnu infrastrukturu.



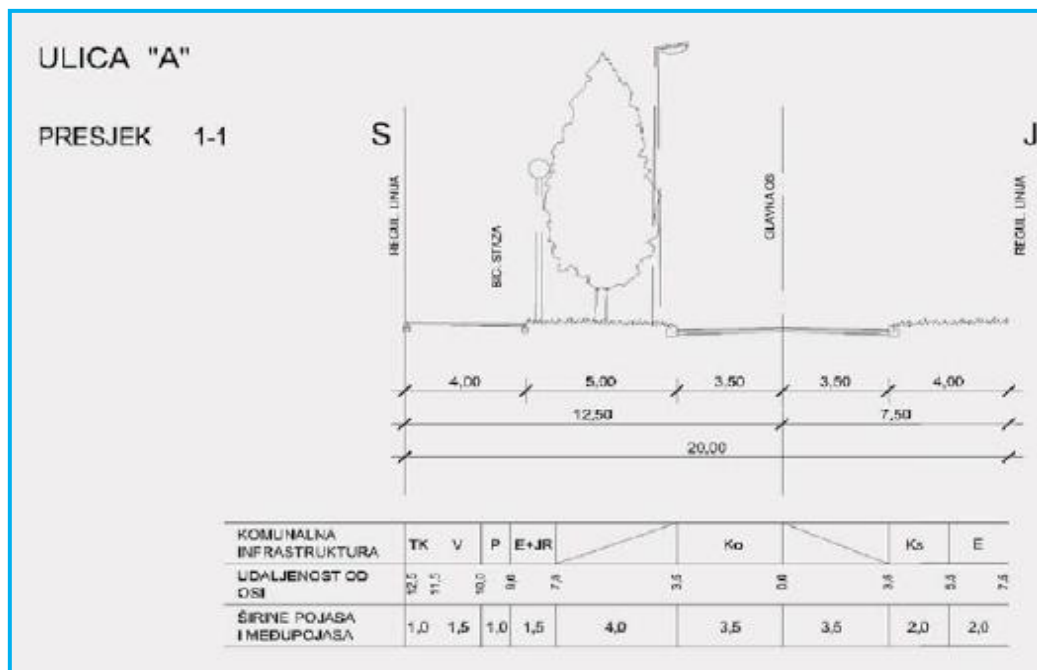
Slika 5. Izvod Prostornog plana uređenja grada Svetog Ivana Zeline za područje obuhvata [3]

Iz Slike 5. jasno se vidi prostorni plan uređenja grada Svetog Ivana Zeline na području gospodarske zone Sveta Helena, čije je područje namijenjeno gospodarskim sadržajima. Na navedenoj slici ucrтана je predviđena cesta, tj. peti privoz na raskrižju 1 ovog rada, kojim bi se to raskrižje spojilo direktno s cestom Ž3016 koja prometne tokove vodi do gospodarske zone. Ovaj prijedlog rješenja je diskutabilan zbog trajektorije provoženja mjerodavnog vozila, odnosno otežanog manevra lijevog, a posebno desnog skretanja u i iz tog privoza raskrižja.



Slika 6. Urbanistički plan uređenja gospodarske zone Sveta Helena [3]

Prema urbanističkom planu uređenja sa Slike 6. osnovicu prometne mreže ove gospodarske zone čini ulica koja se proteže u smjeru sjever – jug, te prolazi kroz čitavo područje zone spajajući njezin sjeverni i južni dio. Poprečni presjek navedene ulice prikazan je Slikom 7.



Slika 7. Poprečni presjek ulice u gospodarskoj zoni Sveta Helena [3]

Iz Slike 7. uviđamo da su osnovni elementi poprečnog presjeka navede prometnice sljedeći:

- 2 prometna traka širine 3,5 metara
- zeleni pojasevi s obje strane prometnice u širini 5, odnosno 4 metra
- biciklistička staza s lijeve strane u smjeru sjevera širine 4 metra.

Važno je spomenuti da je spajanje sjevernog i južnog platoa gospodarske zone predviđeno nadvožnjakom, a ulijevanje i izlijevanje prometnih tokova u i iz navedene zone na cestu D10 predviđeno je direktnim rampama. S obzirom da će se direktnim rampama riješiti samo desna skretanja iz i u navedenu zonu predviđena je i izgradnja dva raskrižja s kružnim tokom prometa na prometnici u gospodarskoj zoni kojima će se omogućiti polukružno okretanje prometnih entiteta i usmjeravanje u željenom smjeru (lijevo skretanje).

O prijedlogu spajanja gospodarske zone biti će više riječi u prijedlogu poboljšanja odvijanja prometnih tokova što je prikazano u narednim poglavljima rada i koje će uz prijedloge poboljšanja samog autora, a koja se kao što je rečeno odnose na ostala prilazna raskrižja riješiti problem odvijanja cestovnih prometnih tokova na ovom području.

3.2. Poduzeća u gospodarskoj zoni

U gospodarskoj zoni Sveta Helena trenutačno se nalaze sljedeći poslovni subjekti:

- Alca Zagreb,
- Rewe Group (Billa),
- Violeta,
- Hamburger Recycling,
- C Pakiranje,
- Mucić & CO,
- Maksim IV,
- Soudal
- Hermi i
- neaktivan prostor trgovačkog centra Outlet Sveta Helena.

Dispozicija navedenih poslovnih subjekata na prilaznom području i u samoj gospodarskoj zoni prikazana je Slikom 8.



Slika 8. Dispozicija sadržaja u gospodarskoj zoni

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [7]

• Regionalni logistički centar **Alca Zagreb** prostire se na 18.000 m². Sam logistički centar projektiran je prema najvišim svjetskim standardima i zahtjevima suvremenih tehnologija. Skladište je modularno i prilagodljivo zahtjevima trenutnih i budućih partnera, te je implementiran najmoderniji logistički programski sustav [2]. Osnovni podaci ovog logističko distributivnog centra prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Osnovni podaci logističko distributivnom centru Alca [2]

Površina zemljišta	165.739 m ²
Površina objekta	17.870 m ²
Rampa za kombi vozila	7 komada
Rampa za brodske kontejnere	2 komada
Rampa za kamione	13 komada
Broj djelatnika	179
Broj viličara	51
Ukupni broj paletnih mjesta	40.000

• Skladište Rewe Gruop (**Billa**) predstavlja centralno skladište, tj. logistički centar koji se prostire na površini od 20.000 m². Skladišti se i distribuira preko 6.000 artikala koji uključuju i svježe namirnice [2]. Postojanje Cross Docking terminala² ukazuje na konstantnu produkciju cestovnih prometnih tokova uz zastupljenost teških teretnih vozila. Ostali osnovni podaci o navedenom logističkom centru prikazani su u Tablici 2.

Tablica 2. Osnovni podaci o logističkom centru Billa [2]

Broj zaposlenih	100
Površina	20.000 m ²
Zapremina	191.000 m ³
Broj utovarno/istovarnih rampi	51
Broj artikala	6000
Protok paleta	1.000 po danu

• Od poduzeća u gospodarskoj zoni važno je spomenuti i područje nekadašnjeg trgovačkog centra **Outlet centra Sveta Helena**. Navedeni trgovački centar zauzima prostor veći od 150.000 m². U sklopu ovog centra predviđeni su trgovačko - skladišni prostori, dječji vrtić, restoran, kafići, te prostor s uredima [9]. Iako je trenutno izgrađena infrastruktura neaktivna, opterećenje cestovne prometne mreže koju potencijalno i vjerojatno (postupak

² Radi se o pretovarnom terminalu u kojem se robni tokovi koordiniraju. Umjesto većeg broja pojedinačnih dostava maloprodajnicima, proizvedena se roba dovozi na jednu lokaciju – cross-dock terminal. Tamo se sortira s drugom sličnom robom ovisno o relaciji za koju je namijenjena i bez dugotrajnog zadržavanja odnosno bez skladištenja preusmjerava prema različitim destinacijama.

prenamjene navedenog centra) može uzrokovati, iziskuju blagovremenu prilagodbu prilaznih cestovnih prometnica i raskrižja s pripadajućim im elementima.

- Tvornica **Violeta** nalazi se na prilazu gospodarskoj zoni uz županijsku cestu Ž3016. Izgradnjom ove tehnološki suvremene tvornice tvrtka Violeta ušla je na hrvatsko tržište, s težnjom postanka regionalnog lidera u proizvodnji higijenskih proizvoda. U Violeti radi oko 200 djelatnika. Poduzeće Violeta planira i širenje skladišnih kapaciteta investicijom u jednu veliku skladišnu halu veličine 8.000 m² koja bi se nalazila odmah do postojećeg pogona [10].

- Reciklažni centar **Hamburger Recycling** bavi se sakupljanjem otpadnog papira, neopasne plastike te drugih sekundarnih sirovina, kao i poslovima sortiranja komunalne miješane ambalaže i pružanja usluga poslovnim partnerima. U gospodarskoj zoni prostire se na oko 13.000 m² ukupne površine, od čega je 2.500 m² natkrivena proizvodna hala s poslovnim prostorima. Broji 31 zaposlenu osobu [10].

- **C pakiranje** u gospodarskoj zoni posjeduje regionalni centar i proizvodni pogon tvrtke za proizvodnju papirnatih vrećica. Poslovno surađuju s velikim trgovačkim lancima diljem Europe [10].

- **Mucić & CO** je tvrtka čija je djelatnost projektiranje i izvođenje svih vrsta radova u građevinarstvu, a na području gospodarske zone posjeduju proizvodni pogon za proizvodnju betonske galanterije [10].

- **Maksim IV** je poduzeće koje je specijalizirano za izvođenje gipsarsko montažerskih radova [10].

- Poduzeće **Soudal** je najveći nezavisni europski proizvođač brtvila, ljepila i poliuretanske pjene za profesionalne i privatne korisnike. Zapošljava 2.100 radnika u 16 proizvodnih pogona na četiri kontinenta. [10].

- Poduzeće **Hermi** koje također posluje u gospodarskoj zoni bavi se izradom neprimjetnih gromobrana i prenaponske zaštite [10].



Slika 9. Prikaz poduzeća u gospodarskoj zoni

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [2]

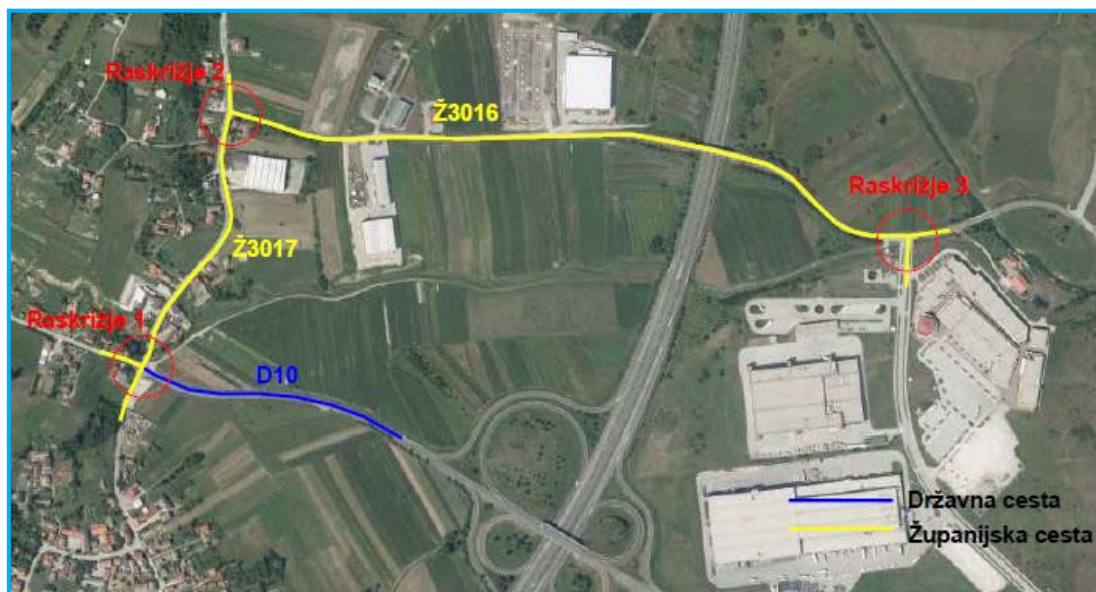
Iz navedenog prikaza sadržaja poslovnih subjekata u gospodarskoj zoni može se uočiti da je zona namijenjena za širok spektar poslovnih aktivnosti, npr. (skladišne, zanatske, trgovačke, uslužne, uredske, industrijske i slične djelatnosti). Sva poduzeća generiraju značajnu količinu cestovnih prometnih tokova. Posebno se ističu logističko – distributivni centri Alca i Billa, te potencijalno njegovim aktiviranjem trgovački prostor bivšeg Outlet centara Sveta Helena. Logističko – distributivni centri Alca i Billa stalni su izvor prvenstveno prometnih tokova teških teretnih vozila. Njihov prometni značaj potkrepljuju podaci iz Tablica 1. i 2. iz kojih valja uočiti značajan broj utovarno/istovarnih rampi, te mogućnost protoka velikog broja paleta u kratkom vremenskom razdoblju što dovoljno govori o permanentnoj fluktuaciji vozila iz i u navedene skladišne sadržaje. Potencijalni prometni značaj trgovačkog centra Outlet Sveta Helena možemo dodatno potvrditi podatkom od čak 1.750 parkirnih mjesta na otvorenom navedenog trgovačkog centra i gravitacije od gotovo 2,2 milijuna stanovnika iz šireg područja sjeverozapadne Hrvatske, te Slovenije i Mađarske [9]. Naravno da osim ovih poduzeća nije za zanemariti ni ostale subjekte koji uz navedene imaju presudan utjecaj na intenzitet i strukturu, odnosno uvjete odvijanja prometnih tokova na području obuhvata.

3.3. Analiza cestovne prometne infrastrukture

Infrastrukturu cestovnog prometa čine sve vrste i kategorije cesta uključujući i cestovne objekte kao što su mostovi, nadvožnjaci i slično, zatim cestovna raskrižja, prometna signalizacija i parkirališne površine [1]. Unutar ovog poglavlja diplomskog rada prikazane su cestovne prometnice i raskrižja koja se nalaze na prilaznom području gospodarske zone.

Za dolazak cestovnih prometnih tokova do gospodarske zone na definiranom području obuhvata koriste se sljedeće prometnice i raskrižja (Slika 10.) :

- dio D10 (od čvora Sveta Helena do raskrižja Ž3016 i Ž3017)
- dio Ž3017 (od raskrižja sa Ž3016 do skretanja prema gospodarskoj zoni)
- dio Ž3016 (od raskrižja sa Ž3017 do ulaska u gospodarsku zonu)
- 1. raskrižje D10 - Ž3016 - Ž3017
- 2. raskrižje Ž3016 - Ž3017
- 3. raskrižje Ž-3016 i ceste unutar gospodarske zone



Slika 10. Cestovne prometnice i pripadajuća raskrižja na prilazu gospodarskoj zoni

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [7]

3.3.1. Analiza cestovnih prometnica na prilazu gospodarskoj zoni

Cestovne prometnice su linijske prometno – tehnički uređene građevine u prostoru s podlogom i zastorom za cestovni promet. U području obuhvata ove analize to su državne i županijske javne ceste. Analiza tih cesta napravljena je kroz analizu trase ceste koja se prikazuje kroz tri osnovne dimenzije i projekcije (horizontalne projekcije – tlocrta, vertikalne

projekcije kroz os ceste – uzdužnog presjeka, vertikalne projekcije okomite na os ceste – poprečni presjek). Osnovni elementi javne ceste gledano kroz njezin poprečni presjek su: kolnik, kolnička traka, prometna traka, rubna traka, razdjelna traka, bankina, rigol, berma, rubnjaci, pješačke staze i slično. Navedeni elementi uz prometnu signalizaciju su i primarni sadržaj analize u ovom poglavlju rada.

Državna cesta D10 je brza cesta s razdjelnim trakom i dva razdvojena kolnika širine po 7,7 m (prometni trakovi 2 x 3,5, rubni trakovi 2 x 0,35). Dio D10 od čvorišta Sveta Helena do raskrižja 1 koji je u razmatranju u okviru diplomskog rada sljedećih je karakteristika. Napravljena je u obliku dvotračne ceste za dvosmjerni promet. Širina prometnih traka iznosi 3,5 m, dok se neutvrđena bankina nalazi s obje strane ceste u širini od 1 m. Trasa navedene ceste u području obuhvata nalazi se u nasipu, što omogućava dobru preglednost u horizontalnim zavojima čiji su elementi (prijelaznice i kružni lukovi) zadovoljavajućih veličina, te međusobno harmonizirani i usklađeni s ostalim tlocrtnim elementima predmetne prometnice. Cesta je pravilno označena uzdužnom horizontalnom (puna razdjelna i rubna crta) i vertikalnom signalizacijom (znakovi izričitih naredbi i obavijesti), te ostalom prometnom opremom (smjerokazni stupići). Tlocrt i poprečni presjek navedene prometnice vidljiv je na Slici 11.



Slika 11. D10 od Čvora Sveta Helena do raskrižja 1

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [11]

Županijska cesta Ž3107 koja prolazi kroz naselje Brezovec Zelinski je dvotračna cesta za dvosmjerni promet. Širina prometnog traka za svaki smjer vožnje iznosi 3 metra. S lijeve strane u smjeru sjevera izgrađen je pješačka staza široka 1,6 metara. Trasa ceste nalazi

se u zasjeku. Na strani u nasipu nalazi se neutvrđena bankina. Postojeći horizontalni zavoj je dodatno naglašen znakom opasnosti i pločom za označavanje zavoja na cesti (u oba smjera vožnje) kojom se naglašava sami zavoj. Pravilno je označena vertikalnom signalizacijom, dok su horizontalne oznake na kolniku slabo vidljive. Rub kolničke površine dijelom je označen rubnom crtom, te dijelom rubnjakom. Dijelom ceste uz rub kolnika se nalaze i smjerokazni stupići. Tlocrt i poprečni presjek navedene prometnice vidljivi su na Slici 12.



Slika 12. Ž3017 od raskrižja 1 do raskrižja 2

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [11]

Županijska cesta Ž3016 kojom prometni tokovi dolaze do gospodarske zone u lošem je stanju. Navedena prometnica služi za dvosmjerni promet, ali bez označenih prometnih traka. Širina kolnika je od 6 do 7,5 metara. Na cesti nisu označeni ni rubovi kolničke površine. Djelomično se uz cestu proteže neutvrđena bankina. Trasa ceste nalazi se u nasipu. Cestovni zastor također je u lošem stanju, s brojnim udarnim rupama što uz sve navedeno dodatno smanjuje sigurnost vožnje. U stanju kako je navedena prometnica trenutno izgrađena nije osigurana dovoljna širina kolnika za sigurno mimoilaženje prometnih tokova³ (posebno teretnih vozila) što je vidljivo na Slici 13. Odvodni jarci i stupovi električne mreže koji se nalaze uz kolničku površinu ove prometnice nisu uređeni, što je velik sigurnosni problem u slučaju izlijetanja vozila s planuma ceste. Na navedenoj prometnici nalazi se i nadvožnjak kojim se premošćuje autocesta A4.

³ Mimoilaženje tokova je paralelno kretanje dva prometna toka u suprotnom smjeru.



Slika 13. Ž3016 od raskrižja 2 do raskrižja 3

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [11]

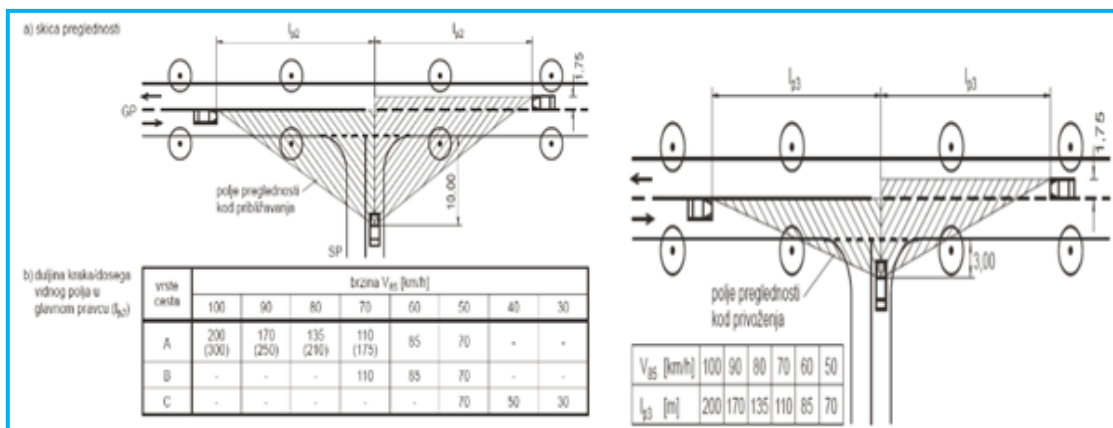
3.3.2. Analiza cestovnih raskrižja na prilazu gospodarskoj zoni

Raskrižja predstavljaju točke u cestovnoj mreži u kojima se povezuju dvije ili više cesta, a prometni tokovi se spajaju, razdvajaju, križaju ili prepliću [12]. Najveći utjecaj na kvalitetu prometnih tokova imaju upravo izvedbe raskrižja u smislu geometrijskog oblika i načina regulacije prometa jer su upravo raskrižja lokacije gdje se stvaraju zagušenja, sigurnosni problemi i veći zastoji na cestovnoj mreži. Visoki zahtjevi vezani za postojeća raskrižja stoga se i trebaju provjeriti uz pomoć osnovnih elemenata na temelju kojih je napravljena i analiza za potrebe ovog rada, a to su:

- geometrijski oblik raskrižja
- način regulacije prometa
- sigurnost prometa (prepoznatljivost, preglednost, shvatljivost, prohodnost)
- kvaliteta odvijanja prometnih tokova (propusna moć raskrižja)

Raskrižje cesta D10 - Ž3016 - Ž3017 je prvo raskrižje koje je analizirano. To je četverokrako raskrižje u razini nastalo stjecanjem dviju dvotračnih dvosmjernih cesta na kojem se prometom upravlja pomoću prometnih znakova. Postojeći položaji privoza raskrižja nisu izvedeni pod najpovoljnijim kutom što za posljedicu ima narušavanje preglednosti, te duže putanje vozila prilikom prolaska kroz raskrižje. Plohe kolnika u području raskrižja tvore prvenstveno prolazni trakovi, bez izvedbe dodatnih trakova za lijeva ili desna skretanja i bez razdjelnika i otoka. Zaobljenja uglova kolnika s obzirom na položaj privoza loše su

oblikovana što predstavlja problem pri prolasku mjerodavnih vozila⁴. Za sve privoze osim privoza 2 nisu osigurana mjerodavna polja preglednosti. Posebno je uočljiva loša preglednost kod približavanja raskrižju na 10 metara od raskrižja, ali i privozna preglednost na 3 metra od stjecanja dviju cesta (Slika 14.).



Slika 14. Preglednost kod približavanja i privozna preglednost [12]

Na predmetnom raskrižju se značajno mijenjaju uvjeti odvijanja tokova vozila koji dolaze s cesta visoke razine usluznosti (autoceste A4 i brze ceste D10), što je još jedan sigurnosni problem zbog velike razlike u brzinama vožnje na autocesti A4, odnosno cesti D10 i županijskim cestama. Raskrižje nije označeno nikakvom horizontalnom signalizacijom ni pješačkim prijelazom. Sporedni privozi posjeduju vertikalnu signalizaciju kojom se naglašava obavezno zaustavljanje. U slučaju aktiviranja svih dijelova gospodarske zone ovo raskrižje kapacitetom neće moći odgovoriti nastaloj prometnoj potražnji. Sve navedeno vidljivo je na Slici 15.



Slika 15. Raskrižje 1

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [11]

⁴ Mjerodavno vozilo je vozilo najvećih dimenzija, odnosno vozilo koje zbog svoje konstrukcije predstavlja najveće prostorne zahtjeve mjerodavne za statičko dimenzioniranje.

Raskrižje Ž3016 - Ž3017 je trokrako raskrižje u razini nastalo stjecanjem dviju dvotračnih dvosmjernih cesta na kojem se prometom upravlja prometnim znakovima. Plohe kolnika u raskrižju tvore samo provozne prometne trake (kod trokrakog raskrižja na sporednom privozu to je trak za lijevo i desno skretanje u jednom). Zaobljenje rubova kolnika izvedeno je s nedovoljnim radijusom što predstavlja značajan problem prohodnosti za mjerodavno vozilo. Mjerodavna polja preglednosti (preglednost kod približavanja i privozna preglednost) na lijevo sa sporednog privoza su izrazito loša zbog položaja građevine neposredno uz raskrižje. Raskrižje je loše opremljeno prometnom signalizacijom koja praktički i ne postoji (horizontalna), osim prometnog znaka obaveznog zaustavljanja na sporednom privozu i znakova obavijesti vezanih za gospodarsku zonu. Trenutnom izvedbom iz čega proizlazi kapacitet ovo raskrižje teško može odgovoriti prometnoj potražnji gospodarske zone. Navedeno je prikazano na Slici 16.



Slika 16. Raskrižje 2

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [11]

Raskrižje Ž-3016 i servisne ceste unutar gospodarske zone je trokrako raskrižje u razini nastalo stjecanjem dviju dvotračnih dvosmjernih cesta na kojem se prometom upravlja prometnim znakovima kao i prethodno objašnjeno raskrižje. Kao i na prethodna dva analizirana raskrižja plohe kolnika u raskrižju posjeduju samo provozne prometne trake (kod trokrakog raskrižja na sporednom privozu to je trak za lijevo i desno skretanje u jednom). Obzirom da je sporedni privoz privoz servisne ceste unutar gospodarske zone koja je nedavno izgrađena radijusi rubova kolnika omogućuju dobru prohodnost raskrižja od strane mjerodavnih vozila. Ovo raskrižje posjeduje horizontalnu signalizaciju samo na sporednom privozu, dok na glavnim privozima i u samom raskrižju ona nije napravljen. Od vertikalne

signalizacije posjeduje znak obaveznog zaustavljanja na sporednom privozu. Navedeno je prikazano na Slici 17.



Slika 17. Raskrižje 3

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [11]

3.4. Analiza cestovnih prometnih tokova

Analiza postojećih prometnih tokova vrši se brojanjem prometa. Brojanje prometa predstavlja jedan od glavnih ulaznih podataka kod izrade prometnih analiza. Podatci dobiveni brojanjem prometa predstavljaju stvarnu trenutačnu sliku dinamike prometnih tokova. Ti podatci se mogu sastojati od informacija kao što su: prometna opterećenja na cestovnim prometnicama, odnosno raskrižjima i njihovim privozima, struktura prometnog toka, brzina kretanja vozila u prometnom toku, razmak između vozila u prometnom toku, smjerovi kretanja vozila u cestovnoj mreži i sl. Metode brojanja prometa su statičko brojanje prometa ili brojanje na presjeku, dinamičko brojanje ili brojanje prometnih tokova, te naplatno brojanje [1].

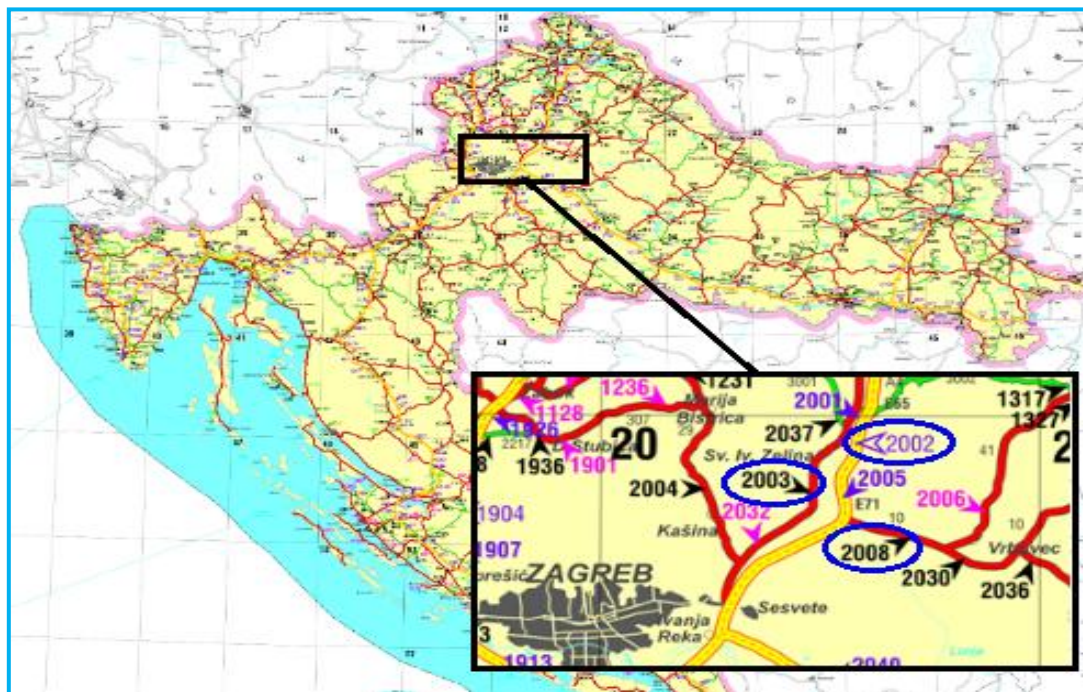
Za potrebe ove analize, prikazani su rezultati automatskog brojanja prometa publiciranih od strane Hrvatskih cesta, na relevantnim brojačkim mjestima (Slika 18.), te je provedeno ručno statičko brojanje prometa na trima prilaznim raskrižjima gospodarske zone Sveta Helena.

3.4.1. Analiza neprekidnog automatskog brojanja prometa

Analiza neprekidnog automatskog brojanja prometa napravljena je na temelju spomenutih podataka o brojanju prometa s automatskih brojila Hrvatskih cesta. Podaci koji su pri tome korišteni su podaci s tri brojačka mjesta.

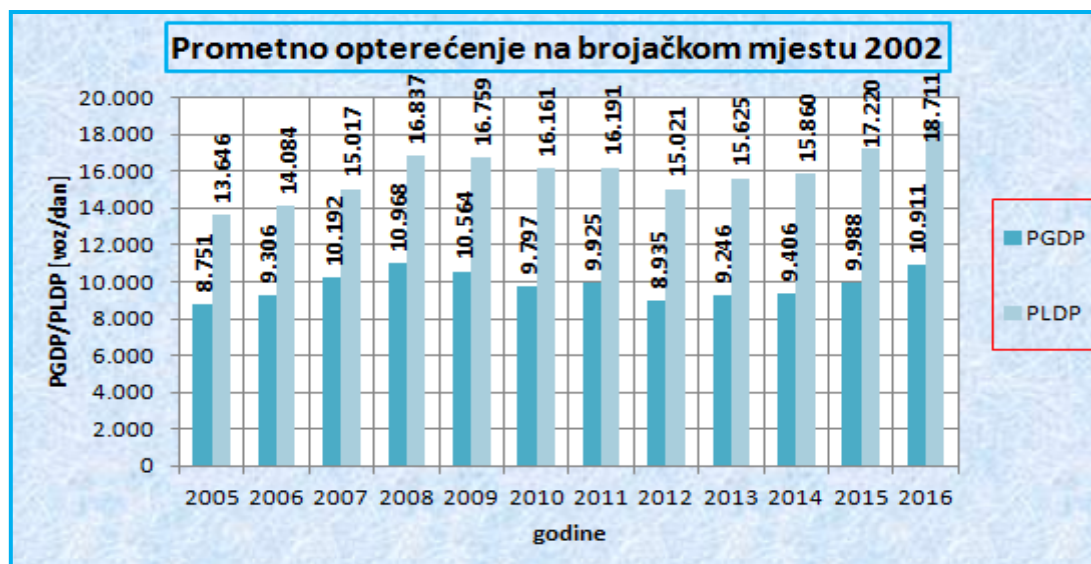
- brojačko mjesto 2002 na A4 (Sveta Helena, sjever)
- brojačko mjesto 2008 na D10 (Sveta Helena)
- brojačko mjesto 2003 na D3 (Blaževdol)

Kroz navedena brojačka mjesta prolaze prometni tokovi koji dolaze i na predmetno područje ovog diplomskog rada, što je već rečeno kod definiranja mikrolokacije u prijašnjim poglavljima rada. Posebno valja istaknuti podatke o brojanju prometa s cesta visoke razine usluznosti (A4 i D10) koji predstavljaju smjerove iz kojih dolazi glavovina prometnih tokova u gospodarsku zonu. Podaci o brojanju prometa s ceste D3 također se mogu iskoristiti obzirom da je navedeno brojačko mjesto u neposrednoj blizini raskrižja sa Ž3016 koja povezuje cestu D3 s gospodarskom zonom, te značajan udio prometa koji navedenom cestom dolazi do gospodarske zone prolazi upravo kroz brojačko mjesto 2003. Položaj brojačkih mjesta prikazan je Slikom 18.



Slika 18. Prikaz analiziranih brojačkih mjesta Hrvatskih cesta

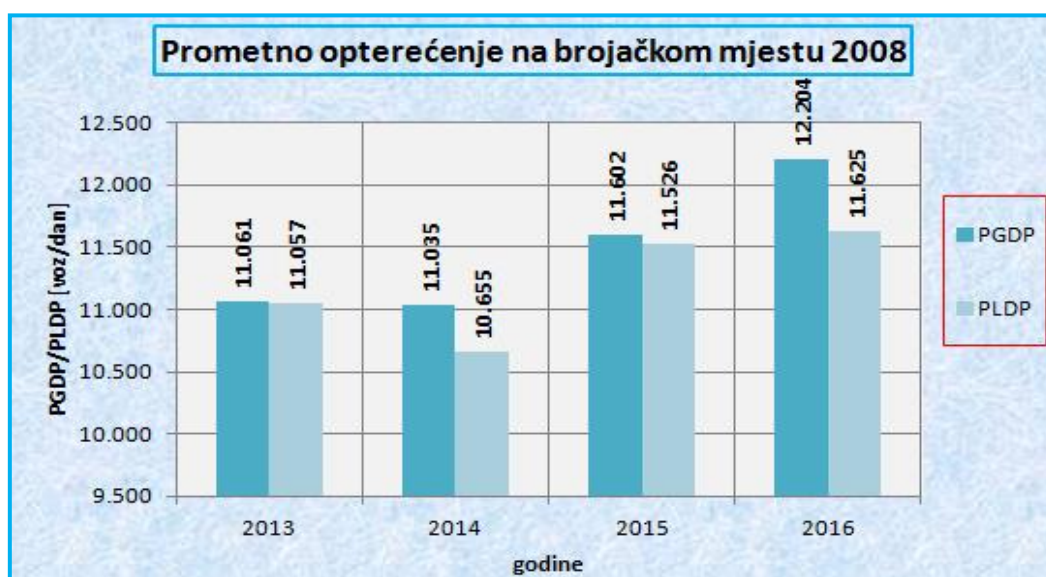
Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [13]



Grafikon 1. Prometno opterećenje na brojačkom mjestu 2002 (A4 – Sveta Helena sjever)

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [13]

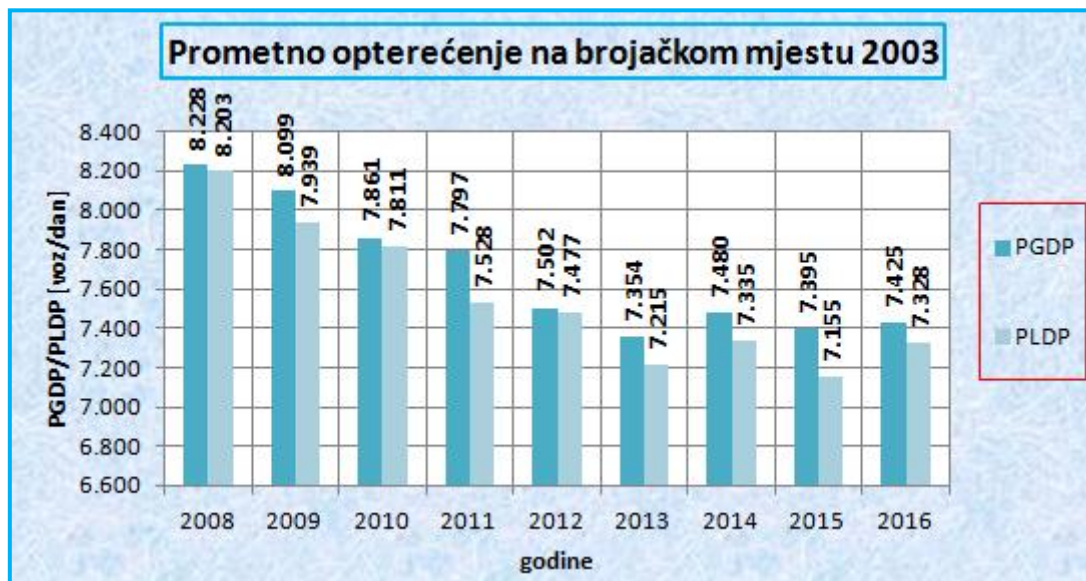
Iz Grafikona 1. uviđamo kretanje prometnog opterećenja prikazanog kroz prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) i prosječni ljetni dnevni promet (PLDP) autoceste A4, na brojačkom mjestu 2002 koje se nalazi na dionici između čvorišta Sveta Helena i čvorišta Komin. Uočljiv je stalan rast bilo PGDP-a, bilo PLDP-a u razdoblju od 2005. do 2008. godine, kada dolazi do stagnacije i blagog opadanja do 2012. godine, čiji je mogući uzrok gospodarska kriza u navedenom periodu. Nakon toga perioda, točnije od 2012. godine do 2016. godine prometno opterećenje na navedenom brojačkom mjestu ima tendenciju blagog porasta.



Grafikon 2. Prometno opterećenje na brojačkom mjestu 2008 (D10 – Sveta Helena)

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [13]

Grafikonom 2. prikazano je kretanje PGDP-a i PLDP-a ceste D10 s brojačkog mjesta 2008 koje se nalazi između čvorišta Sveta Helena i čvorišta Vrbovec 1. Prikazani su podaci za posljednje četiri godine, točnije od 2013. godine kada se počelo pratiti prometno opterećenje ove dionice ceste D10. Primjetan je porast prometa u 2016. godini u odnosu na prethodne tri godine, posebice 2014. godinu kada je došlo do njegovog neznatnog smanjenja u odnosu na 2013. godinu.



Grafikon 3. Prometno opterećenje na brojačkom mjestu 2003 (D3 – Blaževdol)

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [13]

Grafikonom 3. prikazano je kretanje PGDP-a i PLDP-a na cesti D3 na brojačkom mjestu 2003 u Blaževdolu. U analiziranom periodu od 2008. do 2016. godine uočljivo je postepeno smanjenje prometnog opterećenja za razdoblje od 2008. do 2013. godine, kada je ono doseglo svoju najmanju vrijednost. Od 2013. do 2016. godine prometno opterećenje se povećava. Za razliku od autoceste A4 i ceste D10 na ovoj prometnici je PLDP permanentno manji od PGDP-a.

3.4.2. Analiza ručnog brojanja prometa

Raskrižja na kojima je izvršeno ručno brojanje uz oznaku pojedinih privoza prikazana su na Slici 19. Ručno brojanje prometa je vršeno upisivanjem broja vozila u pripremljeni obrazac (Slika 20.), te su takvi podaci obrađeni i prikazani tablicama u prilogu diplomskog rada. Brojanje je provedeno radnim danom u jutarnjem i popodnevnom vršnom satu, s intervalom brojanja od 15 minuta. Podaci o brojanju prometa su naknadno obrađeni i služe

kao osnova za prikaz postojećeg opterećenja na području obuhvata. Za pojedina raskrižja dobivena su prometna opterećenja, distribucija prometnih tokova, te struktura prometnog toka, tako da su evidentirane različite kategorije vozila za svaki smjer pojedinog privoza raskrižja.



Slika 19. Lokacije brojanja prometa

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [7]

OBRAZAC ZA SNIMANJE PROMETNIH TOKOVA						
BROJAČKO MJESTO		KRIŽANJE ULICE				
DATUM		DAN	SAT (OD-DO)			
sila smjera	15'	osobna vozila	teretna	bus	motocikl	bicikl
	30'					
	45'					
	60'					
	15'					
	30'					
	45'					
	60'					
	15'					
	30'					
	45'					
	60'					

Slika 20. Obrazac brojanja prometa [1]

Svaki realni tok je nehomogen ili mješovit tok, odnosno sastavljen je od različitih kategorija vozila u prometnom toku. Kako bi se u sklopu ove analize kod ručnog brojanja prometa dobili jedinstveni podaci o prometnom opterećenju od strane različitih kategorija vozila izvršeno je pretvaranje nehomogenog toka u uvjetno homogeni tok. Pretvaranje nehomogenog toka u uvjetno homogeni (sastavljen od jedne vrste motornih vozila), radi se preko određenih ekvivalenata kojima se množe pojedine vrste vozila iz sastava toka. Veličina ekvivalenata je u funkciji vrste vozila, dužine vozila, vožno – dinamičkih karakteristika vozila i slično [14]. Vrijednosti ekvivalenata pomoću kojih se pojedine vrste vozila transformiraju u ekvivalente osobnih vozila prikazane su Tablicom 3.

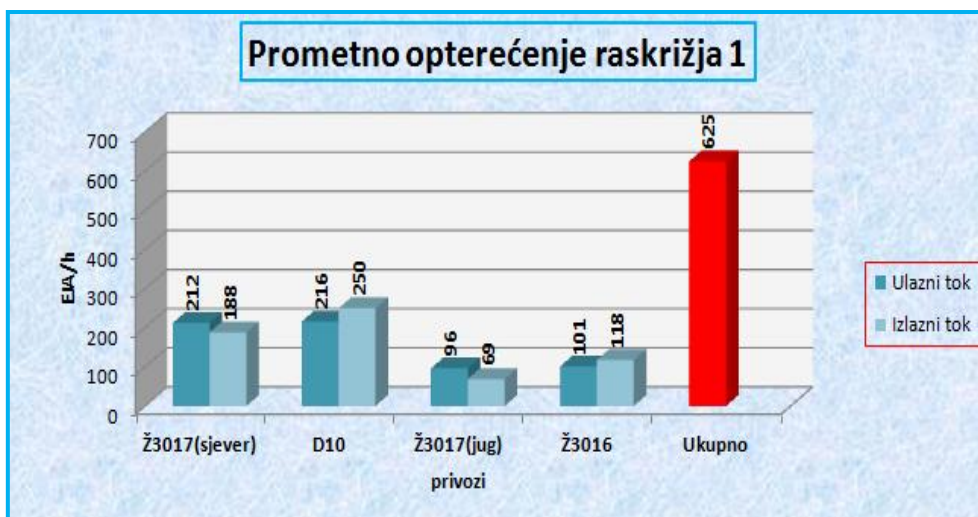
Tablica 3. Ekvivalentne jedinice putničkih automobila [14]

Vrsta vozila	Ekvivalente jedinice automobila
Moped/motocikl	0,3/0,5
Osobni automobil	1,0
Teretno vozilo	2,0
Autobus	2,0
Radno vozilo (traktor)	2,5

Uz spomenuti način, lokacije i dobivene podatke temeljem ručnog brojanja prometa koji su niže podastrijeti, važno je istaći da je ovo brojanje prometa provedeno u jutarnjem i popodnevnom vršnom vremenskom periodu za sva tri prikazana prilazna raskrižja gospodarske zone. Pod vršnim vremenskim periodom smatra se procijenjeni period kad i predmetna gospodarska zona ima najveći utjecaj na intenzitet i strukturu prometnog toka ovog područja. Za taj vremenski period izabran je jutarnji period od 05:45 do 06:45 sati i popodnevni period od 13:30 do 14:30 sati.

3.4.2.1 Brojanje prometa na raskrižju 1 u jutarnjem vršnom satu

Ukupno prometno opterećenje raskrižja 1 iznosi 625 EJA/h koje je izmjereno u jutarnjem vršnom periodu radnim danom. Najopterećeniji privoz je istočni privoz, tj. privoz s ceste D10. Opterećenje ulaznog toka vozila na tom privozu iznosi 216 EJA/h, dok izlazni tok vozila tvori opterećenje od 250 EJA/h. Značajno je napomenuti i opterećenje ceste Ž3017 iz smjera sjevera koja je sporedna cesta i predstavlja sjeverni privoz analiziranog raskrižja, te ima prometno opterećenje gotovo jednako najopterećenijem privozu u iznosu od 212 EJA/h za ulazni odnosno 188 EJA/h za izlazni tok vozila. Navedeno je prikazano Grafikonom 4.



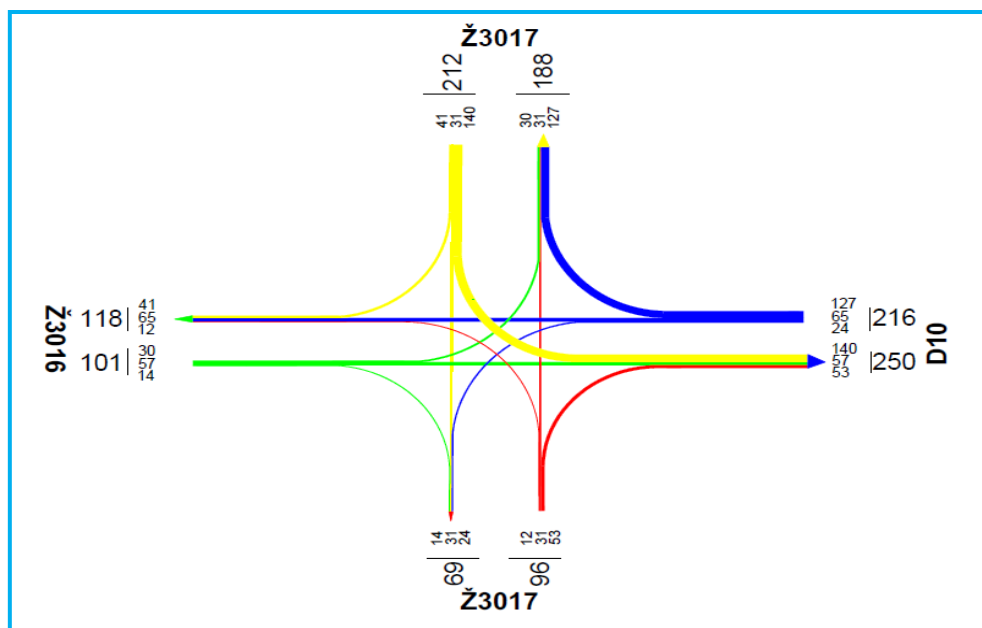
Grafikon 4. Prometno opterećenje pojedinih privoza i raskrižja 1 u jutarnjem vršnom satu

Analiza strukture prometnog toka na raskrižju 1 pokazuje da osobna vozila čine 85%, a teretna vozila 14% ukupnog prometnog toka. Značajan udio od navedenih 14% teretnih vozila generira sama gospodarska zona. Brojanjem prometa zabilježena je i prisutnost autobusa kojim se dovoze radnici na posao u gospodarsku zonu u iznosu od 1% u ukupnom prometnom toku, te prisutnost motocikala čiji je udio zanemariv, odnosno tek 0,003%. Navedeno je prikazano na Grafikonu 5.



Grafikon 5. Struktura prometnog toka na raskrižju 1 u jutarnjem vršnom satu

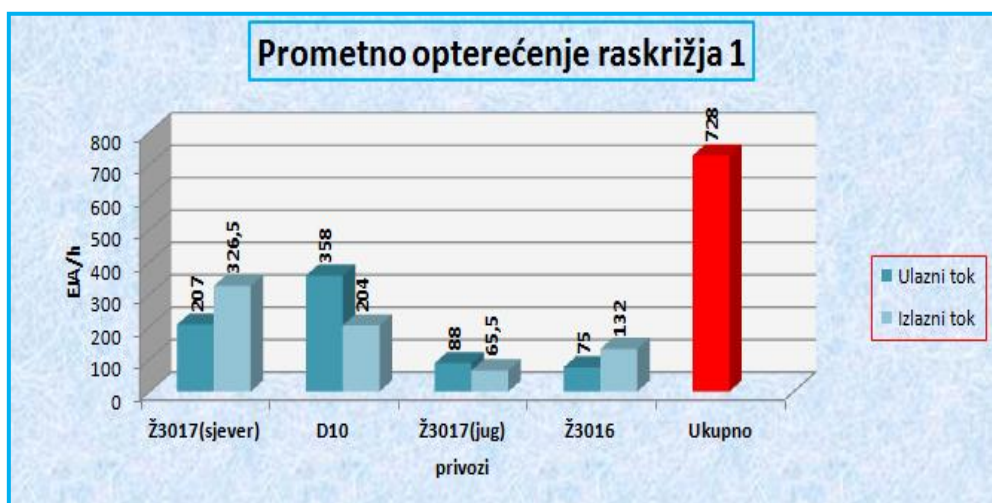
Distribucija satnog prometa na raskrižju 1, pokazuje da je dominantan pravac kretanja prometnog toka pravac od cesta visoke razine uslужnosti (A4 i D10), prema gospodarskoj zoni i obratno. Cjelovita distribucija satnog protoka na ovom raskrižju prikazana je Slikom 21.



Slika 21. Distribucija satnog prometa na raskrižju 1 u jutarnjem vršnom satu

3.4.2.2. Brojanje prometa na raskrižju 1 u popodnevnom vršnom satu

Prometno opterećenje raskrižja 1 u popodnevnom periodu brojanja iznosi 728 EJA/h. To je za 103 EJA/h više nego u jutarnjem periodu. Kao i u jutarnjem periodu brojenja najopterećeniji privoz je istočni privoz tj. privoz s ceste D10 čiji ulazni tok vozila u raskrižje čini 358 EJA/h, te ga slijedi sjeverni privoz sa sporedne ceste Ž3017 čiji ulazni tok vozila u raskrižje iznosi 207 EJA/h. Detaljniji prikaz opterećenja raskrižja 1 u popodnevnom vršnom satu po pojedinim privozima, te separiranim ulaznim i izlaznim tokom vozila prikazan je Grafikonom 6.



Grafikon 6. Prometno opterećenje pojedinih privoza i raskrižja 1 u popodnevnom vršnom satu

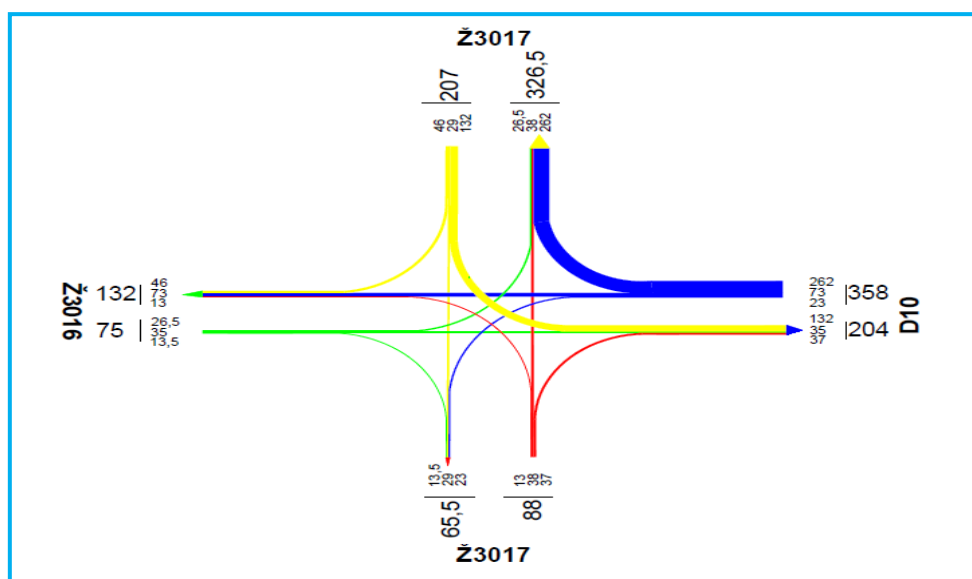
Struktura prometnog toka prikazana Grafikonom 7. gotovo je identična strukturi prometnog toka u jutarnjem periodu brojanja. Udio autobusa i motocikala je identičan, dok se

udio osobnih vozila smanjio za 2%, a udio teretnih se povećao za 2%. Razlog ovome je vjerojatni povratak teretnih vozila u skladišta u gospodarskoj zoni u popodnevnom satima po obavljenim dostavama.



Grafikon 7. Struktura prometnog toka na raskrižju 1u popodnevnom vršnom satu

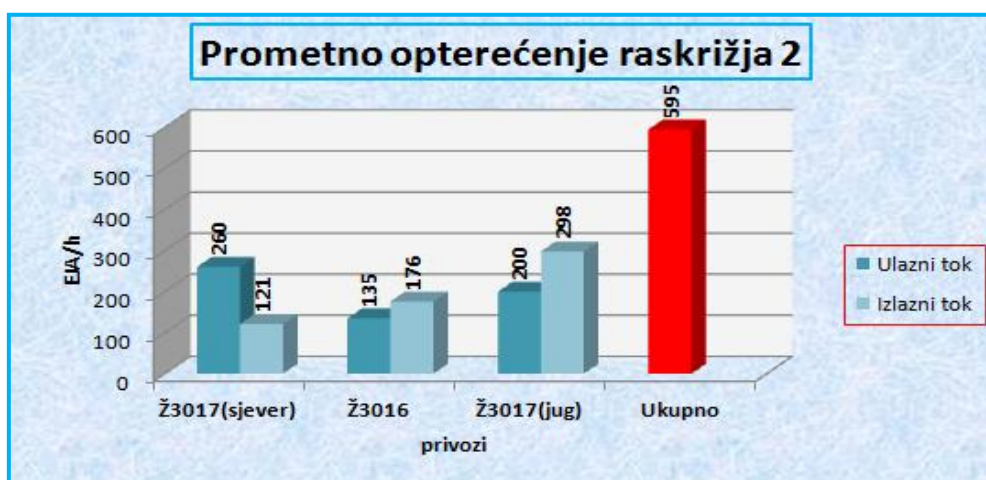
Iz distribucije satnog prometa u popodnevnom vršnom satu potvrđuje se dominantan pravac kretanja prometnih tokova prema gospodarskoj zoni što je bio i slučaj s jutarnjim periodom. Razlika je jedino što je u jutarnjem periodu bio intenzivniji izlazak iz gospodarske zone, dok je u popodnevnom periodu intenzivniji pravac povrataka u gospodarsku zonu, tj. desno skretanje iz ceste D10 prema samoj zoni, što potvrđuje njezin snažan utjecaj na intenzitet i strukturu, odnosno uvjete odvijanja prometnih tokova na području obuhvata ovog rada. Potpuna distribucija u popodnevnom vršnom satu prikazana je Slikom 22.



Slika 22. Distribucija satnog prometa na raskrižju 1 u popodnevnom vršnom satu

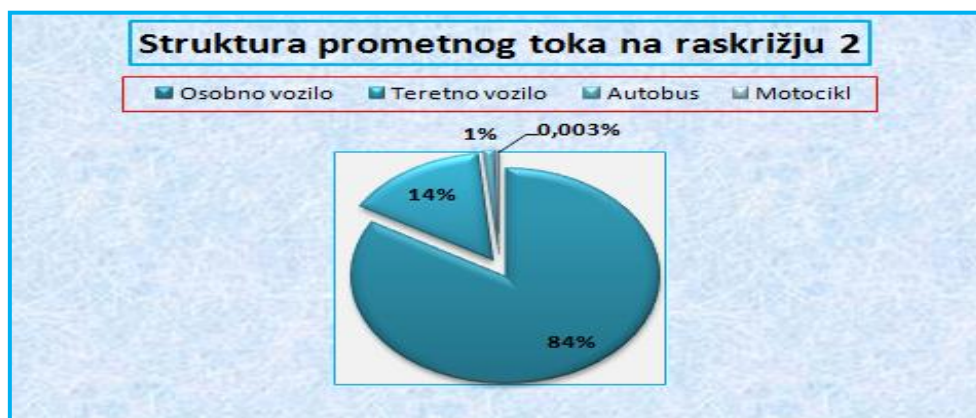
3.4.2.3. Brojanje prometa na raskrižju 2 u jutarnjem vršnom satu

Ukupno prometno opterećenje raskrižja 2 u jutarnjem vršnom satu radnim danom iznosi 595 EJA/h. Najopterećeniji su privozi na glavnoj cesti, posebice južni privoz što je očekivano zbog kretanja cestovnih prometnih tokova iz smjera prometnica visoke razine uslужnosti prema gospodarskoj zoni i obratno. Važno je uočiti i značajno prometno opterećenje sjevernog privoza glavne ceste zbog dolaska cestovnih prometnih tokova sa sjevernog i istočnog dijela grada Svetog Ivana Zeline. Detaljan prikaz opterećenja pojedinih privoza sa separacijom ulaznog i izlaznog toka prikazan je Grafikonom 8.



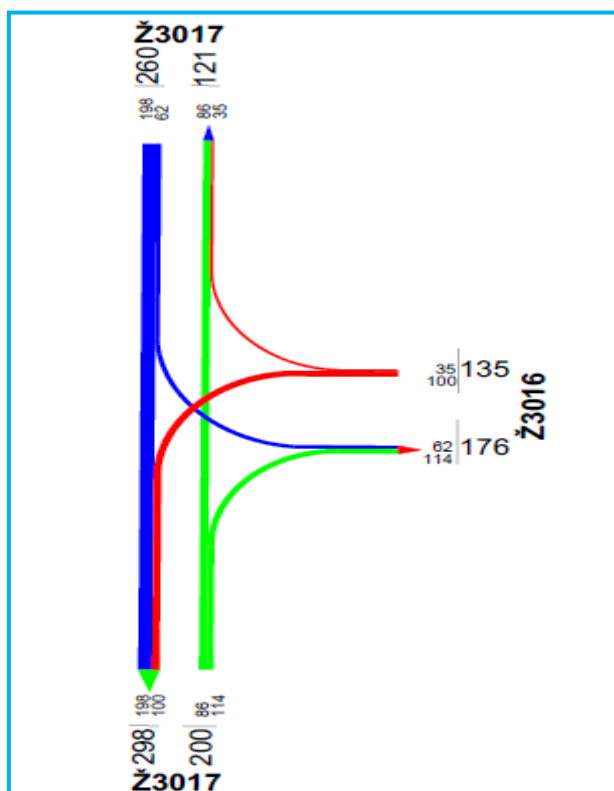
Grafikon 8. Prometno opterećenje pojedinih privoza i raskrižja 2 u jutarnjem vršnom satu

Struktura prometnog toka raskrižja 2 prikazana je Grafikonom 9. Vrlo je slična strukturi prometnog toka na raskrižju 1, što i ne čudi s obzirom na njihovu malu prostornu udaljenost i sličnu ulogu u prometnoj mreži. Najveći udio prometnih entiteta u prometnom toku čine osobna vozila s 84%, zatim teretna vozila s 14%, te je zabilježena prisutnost autobusa kojim radnici u gospodarsku zonu dolaze na posao odnosno motocikala u postotnim iznosima od 1 i 0,003%.



Grafikon 9. Struktura prometnog toka na raskrižju 2 u jutarnjem vršnom satu

Iz distribucije prometnog opterećenja na ovom raskrižju, a za potrebe diplomskog rada, najvažnije je istaknuti smjerove kretanja prometnih tokova prema gospodarskoj zoni. To su lijevi skretači iz smjera sjevera kojih ima 62 EJA/h, te desni skretači s juga kojih ima 114 EJA/h. Iz područja gospodarske zone već i u jutarnjem vršnom satu dolazi prometni tok veličine od 135 EJA/h koji se na ovom raskrižju većinom usmjerava prema autocesti A4 i cesti D10. Cjelokupna distribucija prometnih tokova na raskrižju 2 u jutarnjem vršnom satu je vidljiva na Slici 23.

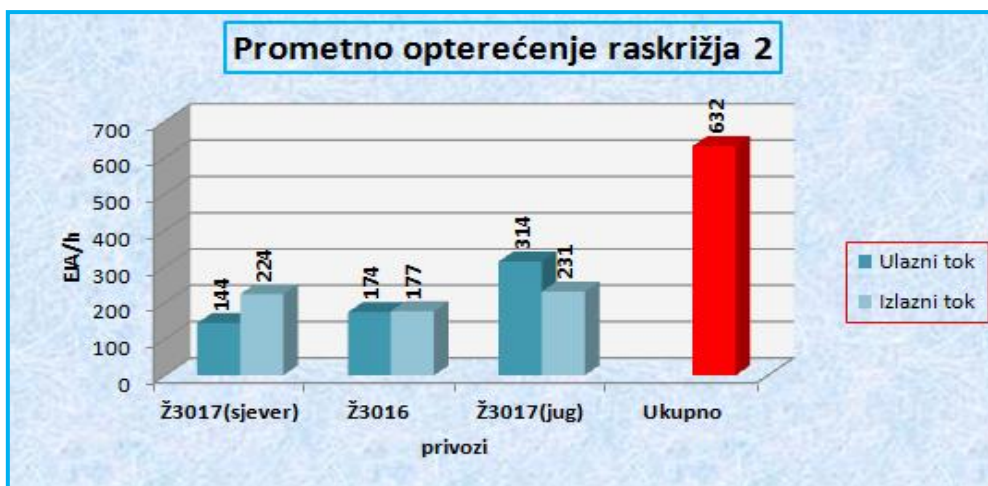


Slika 23. Distribucija satnog prometa na raskrižju 2 u jutarnjem vršnom satu

3.4.2.4. Brojanje prometa na raskrižju 2 u popodnevnom vršnom opterećenju

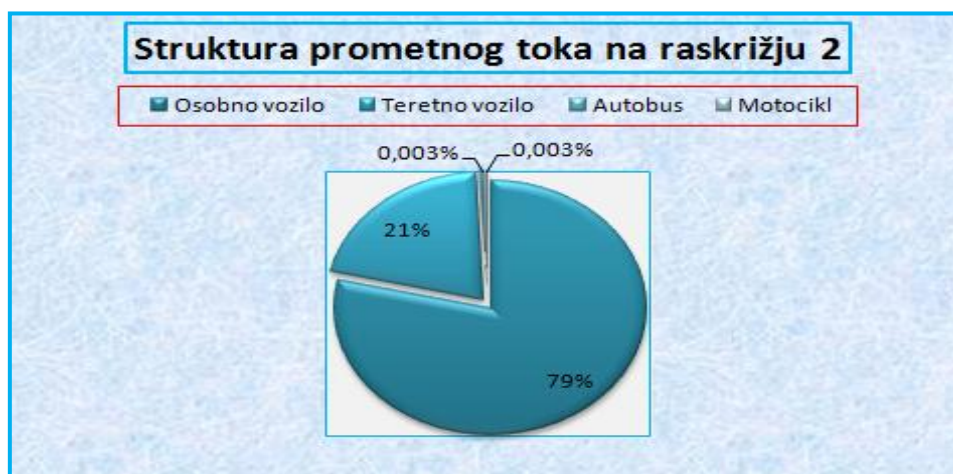
Opterećenje raskrižja 2 prema podacima prikupljenima u popodnevnom vršnom vremenu brojanja prometa iznosi 632 EJA/h, što je za 37 EJA/h više nego u jutarnjem periodu brojanja. Najopterećeniji je južni privoz raskrižja na cesti Ž3017, kojim većina prometnih tokova dolazi u gospodarsku zonu. Osjetno je manje opterećenje ulaznog prometnog toka na sjevernom privozu ovog raskrižja na cesti Ž3017, kroz koji je u popodnevnom periodu brojanja prošlo 116 EJA/h manje nego u jutarnjem periodu brojanja, ali je zato izlazni prometni tok vozila na ovom privozu raskrižja za 103 EJA/h veći nego ujutro. Razlog ovome je i znatno veći izlazak iz gospodarske zone u popodnevnom vršnom satu, čiji je uzrok završetak jutarnje smjene radnog osoblja ove gospodarske zone. Iz podataka popodnevnog

perioda brojanja uočljivo je nešto veće opterećenje i sporednog privoza kojim se dolazi do same gospodarske zone, posebno izlazni tok vozila iz tog privoza zbog povratka teretnih vozila u popodnevnom satima u domicilne sadržaje. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja 2 u popodnevnom periodu brojanja, sa separacijom intenziteta ulaznog i izlaznog toka vozila pojedinog privoza raskrižja vidljiv je na Grafikonu 10.



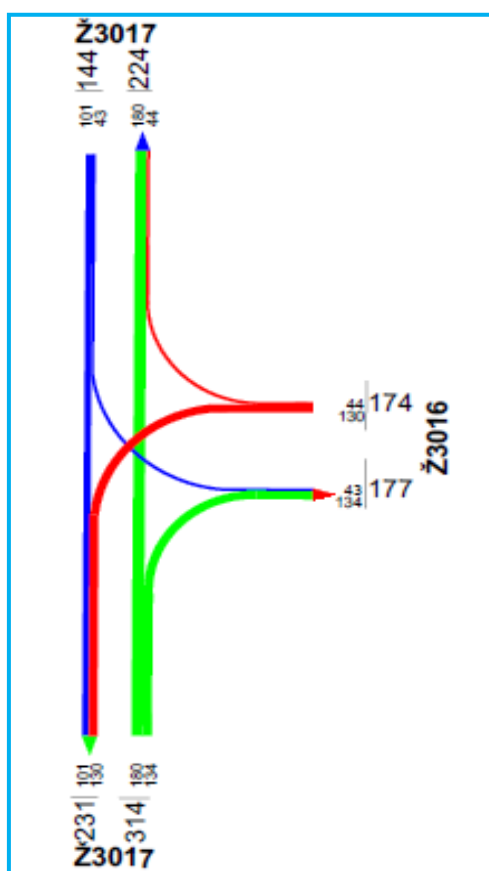
Grafikon 10. Prometno opterećenje pojedinih privoza i raskrižja 2 u popodnevnom vršnom satu

Iz strukture prometnog toka raskrižja 2 (Grafikon 11.) u popodnevnom periodu brojanja prometa uočljivo je povećanje udjela teretnih vozila u prometnom toka koji sada čine 21% svih vozila unutar prometnog toka. To je 7% više teretnih vozila nego u jutarnjem periodu, čiji je uzrok velika fluktuacija ove kategorije vozila u popodnevnom periodu, bilo onih koji se vraćaju u domicilne sadržaje u gospodarskoj zoni ili koji tek kreću na dostave iz iste. Osobna vozila čine 79% vozila unutar ukupnog prometnog toka, a zabilježena je i prisutnost autobusa i motocikla koji u postotnom iznosu čine svaki po 0,003% ukupnog prometnog toka.



Grafikon 11. Struktura prometnog toka na raskrižju 2 u popodnevnom vršnom satu

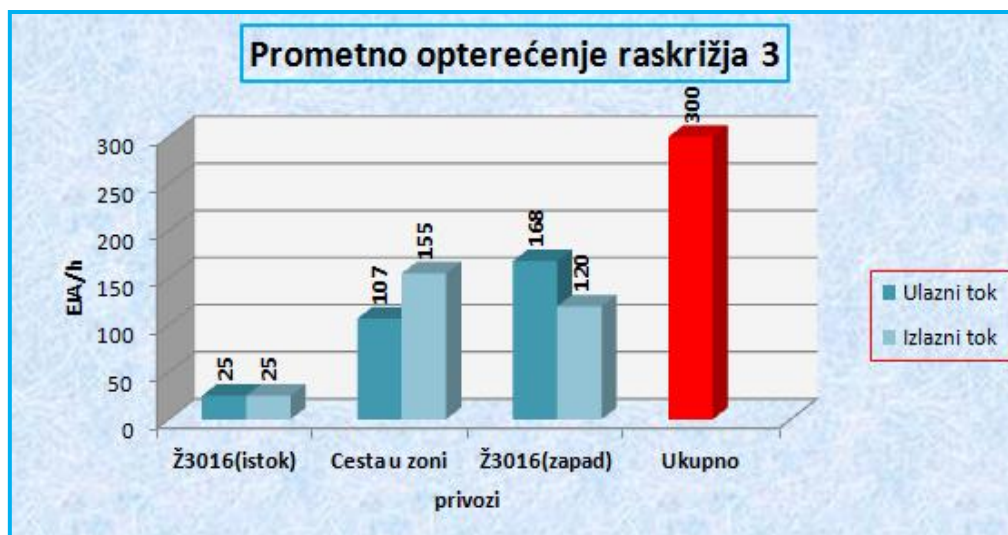
Iz distribucije prometnih tokova (Slika 24.) dobivenih temeljem podataka brojanja prometa u popodnevnom periodu uočljiv je gotovo identični intenzitet ulaska i izlaska prometnih tokova na Ž3016 kojom se dolazi u gospodarsku zonu. Nešto je intenzivnije kretanje prometnih tokova iz južnog privoza ceste Ž3017 prema gospodarskoj zoni, odnosno u privoz na cesti Ž3016 nego u jutarnjem periodu brojanja. Prometni tokovi koji dolaze iz južnog privoza na cesti Ž3017 i koji nastavljaju vožnju ravno ili skreću desno prema gospodarskoj čine dominantan pravac kretanja prometnih tokova na ovom raskrižju u popodnevnom periodu brojanja prometa.



Slika 24. Distribucija satnog prometa na raskrižju 2 u popodnevnom vršnom satu

3.4.2.5. Brojanje prometa na raskrižju 3 u jutarnjem vršnom satu

Prometno opterećenje raskrižja 3 u jutarnjem periodu brojanja iznosi 300 EJA/h. To je raskrižje najmanje opterećeno od promatranih raskrižja. Najopterećeniji privozi su privoz na cesti Ž3016 (zapad), kojim dolaze svi cestovni tokovi u gospodarsku zonu, te privoz raskrižja na cesti u gospodarskoj zoni. Istočni privoz je osjetno manje opterećen od ostalih. Cjelovito prometno opterećenje raskrižja 3 u jutarnjem vršnom satu, separiranim ulaznim i izlaznim intenzitetom prometnog toka po pojedinim privozima prikazan je Grafikonom 12.



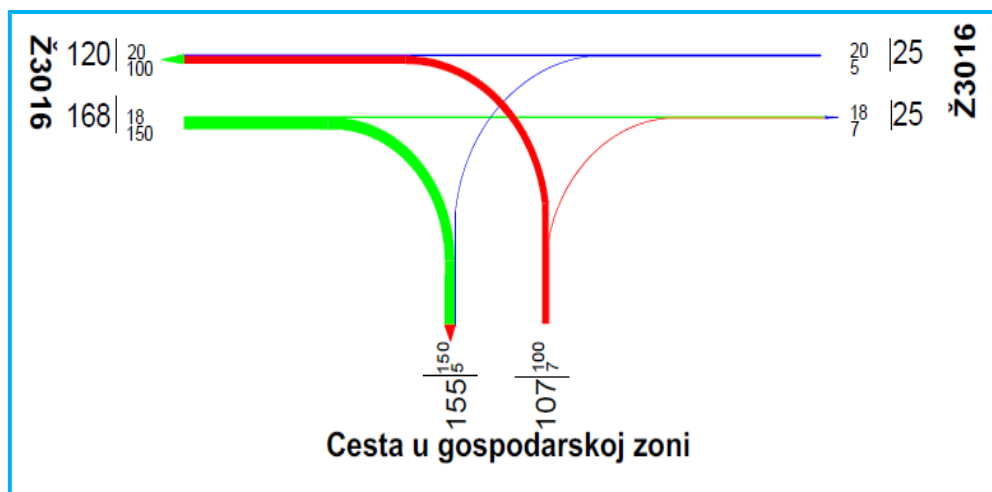
Grafikon 12. Prometno opterećenje pojedinih privoza i raskrižja 3 u jutarnjem vršnom satu

Gledano kroz strukturu prometnog toka, glavninu prometnog toka kao i na ostalim raskrižjima čine osobna vozila kojih ima 82%, ali je prisutan i značajan broj teretnih vozila u iznosu od 16% od ukupnog broja vozila, što i ne čudi s obzirom na položaj ovog raskrižja u gospodarskoj zoni. Zabilježena je i prisutnost autobusa koji u postotnom iznosu čine 2% ukupnog broja vozila. Navedeno je prikazano Grafikonom 13.



Grafikon 13. Struktura prometnog toka na raskrižju 3 u jutarnjem vršnom satu

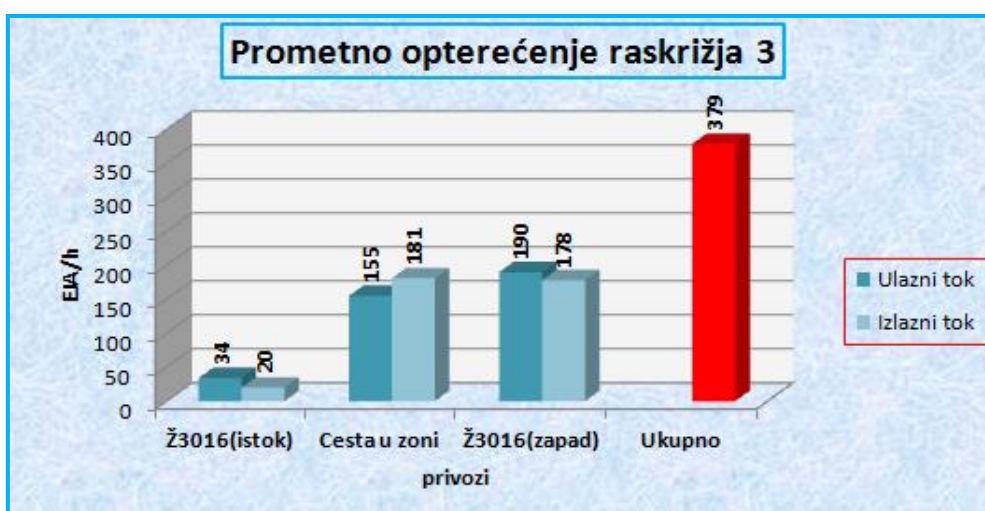
Slikom 25. prikazana je distribucija satnog protoka u jutarnjem vršnom satu na raskrižju 3. Uočavaju se dominantni pravci kretanja prometnih tokova koji iz pravca zapada dolaze u gospodarsku zonu, te izlaze iz zone u navedenom smjeru. Ostali pravci kretanja prometnih tokova, posebice onih u smjeru istoka, na ovom raskrižju su zanemarivi.



Slika 25. Distribucija satnog prometa na raskrižju 3 u jutarnjem vršnom satu

3.4.2.6. Brojanje prometa na raskrižju 3 u popodnevnom vršnom satu

Ukupno prometno opterećenje raskrižja 3 dobiveno iz podataka popodnevnog brojanja prometa iznosi 379 EJA/h, što je za 79 EJA/h više nego u jutarnjem periodu brojanja. Najvažniji razlog većeg opterećenja je značajnije opterećenje privoz predmetnog raskrižja na cesti u gospodarskoj zoni, posebice njegov ulazni tok u raskrižje koji je za 48 EJA/h intenzivniji nego u jutarnjem vršnom periodu. Razlog tome je povećan izlazak radnika i teretnih vozila iz gospodarske zone u tom periodu brojanja prometa. Prometno opterećenje je detaljnije prikazano Grafikonom 14 za svaki privoz raskrižja posebno, uz separaciju ulaznog i izlaznog prometnog toka.



Grafikon 14. Prometno opterećenje pojedinih privoza i raskrižja 3 u popodnevnom vršnom satu

Osim promjene u opterećenju raskrižja primjetna je promjena u udjelu pojedinih kategorija vozila u strukturi prometnog toka raskrižja 3 u jutarnjem i popodnevnom periodu brojanja prometa. Temeljem analize popodnevnog perioda brojanja, izračunato je povećanje

Struktura prometnog toka na raskrižju 3

■ Osobno vozilo ■ Teretno vozilo ■ Autobus

Vozilo	Postotak
Osobno vozilo	78%
Teretno vozilo	21%
Autobus	1%

Iz distribucije popodnevnog satnog prometa potvrđuju se dominantni pravci kretanja prometnih tokova kao i u jutarnjem periodu, samo što su u ovom periodu brojanja ti pravci nešto intenzivniji. To su prometni tokovi koji dolaze u gospodarsku zonu iz pravca zapada, te napuštaju gospodarsku zonu u istom smjeru. Cjelokupna popodnevna satna distribucija prometnih tokova raskrižja 3 prikazana je Slikom 26.



3.5. Analiza sigurnosti odvijanja prometa

Kako bi se utvrdila sigurnost odvijanja prometnih tokova u sklopu ove analize, prikazani su podaci o prosječnom broju, strukturi i glavnim uzrocima prometnih nesreća na godišnjoj razini na tri prilazna raskrižja gospodarske zone Sveta Helena. Podaci koji su prikazani ustupljeni su za potrebe izrade ovog rada od Policijske postaje Sveti Ivan Zelina.

Tablica 4. Struktura i broj prometnih nesreća analiziranih raskrižja na godišnjoj razini [15]

Vrsta nesreće	Raskrižje 1	Raskrižje 3
S materijalnom štetom	9	4
S ozlijeđenim osobama	1	0
S poginulim osobama	0	0
Ukupno	10	4

Prema podacima iz Tablice 4. vidljivo je da se na raskrižju 1 na godišnjoj razini događa 10 prometnih nesreća. To su većinom lakše prometne nesreće samo s materijalnom štetom. Na raskrižju 3 na razini godine događaju se 4 prometne nesreće lakšeg oblika, tj. bez ozlijeđenih osoba, odnosno samo s materijalnom štetom.

Raskrižje 2 predstavlja svojevrsnu „crnu točku“ područja ove prometne analize. Prema ustupljenim informacijama na ovom se raskrižju događa i po nekoliko nesreća na razini jednog mjeseca. Glavni uzrok je otežana trajektorija provoženja mjerodavnog vozila kroz ovo raskrižje, te nepoštivanje prava prednosti prolaska kod uključivanja u glavni prometni tok.

Rezimirajući navedene podatke možemo zaključiti kako je sigurnost odvijanja prometa na analiziranim raskrižjima nedostatna. Glavni uzrok tome možemo pronaći u njihovom geometrijskom obliku koji nije prilagođen prometnoj potražnji koju generira gospodarska zona, te koji ne osigurava njihov potrebiti kapacitet posebno u vršnom periodu. Uzrok nedostatne razine sigurnosti valja tražiti i u neprilagođenoj brzini kretanja prometnih entiteta, što je posebno uočljivo na raskrižju 1. Na ovom raskrižju vozila koja dolaze s cesta visoke razine uslužnosti kreću se brzinama koje nisu adaptirane na prometne uvjete na koje nailaze na nižim kategorijama cesta i pripadajućim im raskrižjima. Sve rečeno je još jedan snažan dokaz potrebe poboljšanja odvijanja prometnih tokova na području analize ovog rada.

4. ANALIZA BUDUĆE PROMETNE POTRAŽNJE

Analiza buduće prometne potražnje napravljena je kroz prognozu prometa. Prognoza prometa je predviđanje budućih prometnih zahtjeva, odnosno budućeg intenziteta, strukture i raspodjele prometnih tokova. Osnovni ulazni parametri za izradu prometne prognoze, odnosno podaci na kojima se temelji prometna prognoza su:

- postojeći intenzitet prometnih tokova,
- demografska analiza,
- stupanj motorizacije,
- ekonomska analiza i
- razvoj aktivnosti na određenom području [1].

Prognoza prometa u ovom diplomskom radu temeljit će se na prvoj gore navedenoj točki. Do prometnog opterećenja analiziranih raskrižja u prognoziranom vremenskom horizontu će se doći ekspanzivanjem krivulje koja je odražavala dotadašnju stopu porasta prometa na prometnicama čiji tokovi dolaze na analizirana raskrižja. Za to će nam poslužiti postojeći podaci o intenzitetu prometnih tokova automatskog brojanja prometa koje se provodi na razini države.

Prosječna godišnja stopa porasta PGDP – a prometnica temelji se na definiranom linearnom trend modelu, koji svoje uporište ima u podacima o PGDP – u iz Grafikona 1., Grafikona 2. i Grafikona 3. prikazanim u prošlom poglavlju rada. Po definiranju trenda izvršena je ekstrapolacija tog trenda za buduća vremenska razdoblja. Kod primjene ekstrapolacije trenda cilj je utvrditi trend za razdoblje u prošlosti, kako bi se omogućilo postavljanje osnova predviđanja u budućnosti. Pri tome se ne uzima u obzir buduća namjena zemljišta, odluke prometne politike, te porast zaposlenosti i slično [16]. Uz pretpostavku da će ovakav trend biti postojan i u prognostičkom razdoblju, model s procijenjenim parametrima će se koristiti u prognostičke svrhe. Ipak, treba postojati određena suzdržanost kod interpretacije istog s obzirom da je trend izračunat na temelju malog broja ulaznih podataka, za veliki broj budućih vremenskih razdoblja. Razlog uzimanja malog broja ulaznih podataka je velika varijabilnost prometnog opterećenja na analiziranim brojačkim mjestima od 2008. do 2013. godine, čiji je vjerojatni uzrok gospodarska kriza, te su sukladno tome korišteni podaci za zadnje četiri godine unutar kojih su se ustalila kretanja prometnog opterećenja.

Tablica 5. Prognoza prometnog opterećenja za razdoblje do 2037. godine

Dionica Godina	PGDP_A4 Sveta Helena	PGDP_D10 Sveta Helena	PGDP_D3 Blaževdol
2013	9.246	11.061	7.354
2014	9.406	11.035	7.480
2015	9.988	11.602	7.395
2016	10.911	12.204	7.425
2022	14.071	14.473	7.510
2027	16.859	16.471	7.574
2032	19.648	18.469	7.638
2037	22.436	20.467	7.702
	4,0%	2,8%	0,2%

Tablicom 5. zorno su prikazani podaci o budućim prometnim opterećenjima na analiziranim prometnicama. Možemo uvidjeti koliko će iznositi PGDP za razdoblje do 2037. godine, što je prognoza za razdoblje od 20 godina. Pri izgradnji novih prometnica i čvorišta vremenska prognoza se radi za 20 godina, za veće rekonstrukcije za 15 godina, a manje rekonstrukcije za 10 godina [17]. Jednako tako predložene su i prosječne godišnje stope promjene PGDP-a. Analizirajući svaku prometnicu ponaosob dolazimo do sljedećeg zaključka.

Najveći porast PGDP-a očekuje se na autocesti A4, gdje je prosječna godišnja stopa promjene PGDP-a u promatranom razdoblju 4%. Ovo je vrlo značajno za prilazno područje gospodarske zone, jer prometni tokovi izlivanjem s autoceste A4 u smjeru zapada prolaze prometnicama i raskrižjima koja su predmet analize ovog rada.

Brza cesta D10 prema izračunu ima prosječnu godišnju stopu porasta 2,8%. Ovo je također važan podatak za predmetno područje jer prometni tokovi koji dolaze iz smjera istoka ovom brzom cestom, a nastavljaju vožnju u smjeru zapada po prolasku čvorišta Sveta Helena prolaze prilaznim područjem gospodarske zone koja se analizira.

Najmanje povećanje PGDP-a se očekuje na cesti D3, što je i razumljivo u odnosu na prethodne podatke zbog razlike u kategoriji samih cesta. Za ovu cestu očekuje se prosječna godišnja stopa porasta od 0,2% za prognozirano razdoblje. Tokovi s ceste D3 na predmetno područje dolaze iz smjera zapada.

Kao prosječna godišnja stopa povećanja PGDP-a na analiziranim raskrižjima uzet će se prosječna godišnja stopa povećanja PGDP-a s triju analiziranih prometnica, čiji tokovi kao što je rečeno dolaze na predmetno područje. Iznos te stope je 2,3%.

Nakon definiranja prosječne godišnje stope porasta prometnog opterećenja cijelog područja ovog rada, gledano kroz prizmu dnevnog prometa, potrebno je definirati i postojeće dnevno opterećenje analiziranih raskrižja. Prosječni godišnji dnevni promet na raskrižju izračunava se na način da se broj vozila izbrojan u vršnom satu pomnoži s koeficijentom između 9 i 14, ovisno o veličini i prometnoj strukturi predmetne lokacije [1]. U sklopu ovog rada prometno opterećenje raskrižja koje je izbrojano u poslijepodnevnom vršnom satu pomnožit će se s koeficijentom 10 kako bi se dobilo njihovo prosječno godišnje dnevno opterećenje. Uzeto je isključivo poslijepodnevno prometno opterećenje, jer je to period u kojem je prometno opterećenje veće nego u jutarnjem periodu.

Tako izračunato prosječno godišnje dnevno opterećenje predmetnih raskrižja za prognozirani vremenski horizont povećavati će se po definiranoj prosječnoj godišnjoj stopi promjene, tj. povećanja rasta od 2,3%. Sama prognoza prometnog opterećenja raskrižja napravljena je pomoću sljedećeg izraza:

$$PGDP_n = PGDP_0 * \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n \quad (1)$$

gdje je:

$PGDP_n$ – krajnja vrijednost PGDP – a nakon n razdoblja porasta

$PGDP_0$ – početna vrijednost PGDP – a

p – stopa porasta

n – broj razdoblja

Tablica 6. Prognoza prometnog opterećenja analiziranih raskrižja za razdoblje do 2037. godine iskazanog u PGDP-u

Godina	PGDP [voz/dan]	PGDP [voz/dan]	PGDP [voz/dan]
2017	6.220	5.230	3.120
2022	6.969	5.860	3.496
2027	7.808	6.565	3.917
2032	8.748	7.356	4.388
2037	9.802	8.242	4.917

Prosječni godišnji dnevni promet izračunat je na temelju podataka o brojanju za popodnevni vršni sat što za raskrižje 1 iznosi 6220 [voz/dan], raskrižje 2 5230 [voz/dan], te raskrižje 3 3120 [voz/dan]. Temeljem tih podataka kao baznih vrijednosti uz prethodno

definiranu prosječnu godišnju stopu porasta PGDP - a izračunate su prognozirane vrijednosti PGDP – a za predmetna raskrižja na razdoblje od 5, 10, 15 i 20 godina. Prognozirane vrijednosti vidljive su u Tablici 6.

Uz prethodnu prognozu prometnog opterećenja raskrižja temeljenu na prosječnoj godišnjoj stopi porasta PGDP – a prometnica čiji se tokovi slijevaju na predmetno područje ovog rada, valja spomenuti i potencijalnu buduću prometnu potražnju koju mogu generirati neaktivni ili još neizgrađeni dijelovi gospodarske zone Sveta Helena. No, hipotetička je pretpostavka da će daljnjim razvojem gospodarske zone Sveta Helena i njezinim spajanjem na ceste visoke razine uslužnosti doći do kompenzacije tog novonastalog prometa i prometa usmjerenog direktno na ceste visoke razine uslužnosti, te je za očekivati da se prometno opterećenje na predmetnim raskrižjima u tom slučaju neće značajnije promijeniti.

5. PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA

Prijedlozi poboljšanja u okviru prometne analize su prijedlozi mjera i zahvata na području obuhvata kojima je moguće unaprijediti stanje prometnog sustava. Prijedlozi mjera su prijedlozi kojima se predlažu promjene u organizaciji prometnog sustava i prometnoj politici, a prijedlozi zahvata su prijedlozi kojima se daju rješenja za izgradnju ili rekonstrukciju elemenata prometne infrastrukture. Prijedlozi rješenja izrađuju se na temelju:

- rezultata analize postojećeg stanja (ustanovljeni problemi),
- prognoze prometa (porast ili smanjenje intenziteta prometnih tokova),
- najnovijih znanstvenih i stručnih spoznaja iz područja prometa [1].

Obzirom da je kroz prethodna poglavlja ovog rada definirano sve što je potrebno, u nastavku je napravljena sinteza svega rečenoga, te su predloženi prijedlozi poboljšanja odvijanja prometnih tokova na području gospodarske zone Sveta Helena. Prijedlozi poboljšanja odnose se na prijedloge rekonstrukcije na tri prilazna raskrižja ove gospodarske zone, jer se negativni odnosi između prometnih tokova najizraženije manifestiraju upravo na raskrižjima.

5.1. Prijedlog poboljšanja odvijanja prometnih tokova na raskrižju 1

Prvo analizirano raskrižje karakterizira, kao što je već rečeno u analizi postojećeg stanja, njegov neadekvatan geometrijski oblik, s nepovoljnim položajem pojedinih privoza što narušava mjerodavna polja horizontalne preglednosti, te neprimjerenost izvedbe ostalih projektnih elemenata koja uzrokuju otežan prolazak mjerodavnog vozila.

Kao prijedlog poboljšanja odvijanja prometnih tokova na ovom raskrižju, s obzirom na navedeno, predlaže se preoblikovanje klasičnog raskrižja u razini u raskrižje s kružnim tokom prometa. Kružna raskrižja su raskrižja s kombinacijom prekinutog i neprekinutog prometnog toka. Prvenstvo prolaza imaju vozila u kružnom toku pred vozilima na prilazima u raskrižje [14]. Više je kriterija koji trebaju biti ispunjeni kako bi se prišlo izvedbi raskrižja s kružnim tokom prometa. Postoje četiri osnovne skupine kriterija koji moraju biti zadovoljeni prilikom razmatranja primjerenosti izvođenja kružnih raskrižja. To su prostorni, prometni, prometno - sigurnosni i kriterij propusne moći [14]. Vezano za prostorni kriterij, na predmetnoj lokaciji je mikrolokacijski osigurano dovoljno raspoloživog prostora za umještanje ovakvog oblika raskrižja, dok bi se s gledišta makrolokacije ovakav oblik raskrižja dobro uklopio u ulogu koju ima u široj cestovnoj prometnoj mreži. Jedini problem optimalnog funkcioniranja ovakvog oblika raskrižja s prometnog stajališta na navedenoj lokaciji predstavljaju intenzivni

lijevi skretači sa sjevernog privoza, čiji su glavni uzrok prometni tokovi iz gospodarske zone Sveta Helena. No, ako uzmemo u obzir cjelokupnu koncepciju poboljšanja odvijanja prometnih tokova na ovom području, tj. spajanje gospodarske zone na cestu D10, za očekivati je da će se intenzitet lijevih skretača smanjiti i biti na prihvatljivoj razini za optimalno prometno funkcioniranje predloženog idejnog projektnog rješenja. Gledajući kroz prometni kriterij primjerenost izvedbe ovakvog oblika raskrižja dokazuju i podaci dobiveni temeljem brojanja prometa iz kojih je utvrđeno da se opterećenja glavnih i sporednih privoza nalaze u području primjerenom za izvedbu kružnog raskrižja. Što se tiče sigurnosti, važno je spomenuti podatke o broju prometnih nesreća, kojih se na ovom raskrižju događa u prosjeku 10 na razini godine [15]. To su većinom lakše prometne nesreće, čija je posljedica samo materijalna šteta. Glavni uzrok prometnih nesreća je neprilagođena brzina na glavnom prometnom smjeru, jer na ovom raskrižju dolazi do znatnih promjena uvjeta vožnje (završetak brze cestovne dionice) naročito vozila koja dolaze iz smjera istoka s autoceste A4 i brze ceste D10. Izvedbom raskrižja s kružnim tokom prometa, zbog samih geometrijskih elemenata raskrižja, vozači su prisiljeni smanjiti brzinu, što je na ovoj lokaciji prikladno zbog ulaska u naseljeno područje. Kriterij propusne moći u vršnim prometnim opterećenjima provjeren je u sklopu evaluacije u narednom poglavlju rada.

Dimenzije oblikovnih elemenata idejnog rješenja raskrižja s kružnim tokom prometa u ovom diplomskom radu su sljedeće. Polumjer vanjskog radijusa iznosi 15 metara, a polumjer središnjeg otoka 7 metara, s prijelaznim prstenom od 2 metra. Širine ulaza i izlaza iznose po 4 metra. Ulazni i izlazni polumjeri u raskrižje izvedeni su s veličinom od 12 metara. Duljina razdjelnih otoka je 15 metara na svim, te je osigurana njihova minimalna širina od 2 metra. Pješačkih prijelaza nema, jer pješački tokovi na navedenoj lokaciji nisu zamijećeni. Slikom 27. je prikazano idejno rješenje raskrižja 1, te se isto nalazi i u Prilogu 4. ovog rada.

Kako bi se utvrdila mogućnost provoženja ovog raskrižja od strane mjerodavnog vozila, izvršena je simulacija provoženja istog, čija se trajektorija nalazi na Slici 28. Prema [19] mjerodavno dugo vozilo na državnim cestama je tegljač s poluprikolicom duljine 16,5 metara, te je s takvim tipom vozila izvršena i kontrola provoženja ovog raskrižja. Dominantan pravac kretanja navedenog mjerodavnog vozila na ovom raskrižju je iz pravca sjevera odakle skreće lijevo prema cestama visoke razine uslužnosti i obratno, te je upravo ta prometna radnja prikazana Slikom 28.



Slika 27. Idejno rješenje raskrižja 1

Izvor kartografske podloge: [7]



Slika 28. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila na raskrižju 1

5.2. Prijedlog poboljšanja odvijanja prometnih tokova na raskrižju 2

Drugo analizirano raskrižje svojim trenutnim oblikom utvrđenim temeljem analize postojećeg stanja također je neprilagođeno zahtjevima prometa koji se događaju na predmetnoj lokaciji. Što se tiče glavnog privoza raskrižja nepostojanje traka za lijevo skretanje uzrokuje stvaranje repa čekanja na glavnom privozu u vršnom prometnom

opterećenju za vrijeme čekanja potrebite vremenske praznine između slijeda nasuprotnih prometnih tokova za obavljanje navedenog manevra. To dakako narušava i sigurnost odvijanja prometa. Radijusi zaobljenja rubova kolnika premaleni su za mogućnost nesmetanog desnog skretanja mjerodavnog vozila s glavnog u sporedni privoz. Pri tome dolazi do prelaska prednjeg prevjesa mjerodavnog vozila u prometni trak namijenjen vozilima suprotnog smjera. Što se tiče sporednog privoza postoji samo jedan ulazni prometni trak u raskrižje. To je kod trokrakog raskrižja trak za lijevo i desno skretanje u jednom. To također izaziva povećani rep čekanja na sporednom privozu zbog nemogućnosti ulijevanja desnih skretača u glavni tok. Razlog ovome je znatno veći broj lijevih skretača koji su najniži po prioritetu prolaska raskrižjem, te nepotrebno zadržavaju desne skretače. Naglašena je izuzetno loša horizontalna preglednost na lijevo (smjer juga) sa sporednog privoza. Na ovom raskrižju prema podacima iz Policijske postaje Sveti Ivan Zelina događa se i po nekoliko prometnih nesreća mjesečno, a kao najvažniji uzroci tih nesreća ističu se nepoštivanje prednosti prolaska prilikom nailaska na glavnu cestu i spomenuta problematična trajektorija provoženja desnog skretanja s glavnog privoza.

Obzirom na navedeno predlažu se sljedeći rekonstrukcijski zahvati postojećeg raskrižja. Izvedbom traka za lijevo skretanje na glavnom privozu iz smjera sjevera za vozila koja skreću većinom prema gospodarskoj zoni, omogućeno je da vozila koja zadržavaju smjer kretanja prolaze raskrižjem bez zadržavanja i većeg narušavanja sigurnosti. Izvedbom odgovarajućeg polumjera za lijeve skretače iz tog privoza ostvarena je kontrolirana brzina obavljanja radnje lijevog skretanja. Povećanjem polumjera za desne skretače s glavnog privoza iz smjera juga omogućen je njihov nesmetan prolazak raskrižjem, bez izlaska prevjesa vozila izvan vlastite prometne trake. Odgovarajućim polumjerom zaobljenja ruba kolnika izbjegnuti su i otpori u prometnom toku glavnog smjera koje mogu izazvati intenzivni desni skretači što je slučaj na ovom raskrižju. Na sporednom privozu za ulazne prometne tokove predlaže se izvedba traka za lijevo i dodatnog traka za desno skretanje. Ovakvom izvedbom omogućit će se veća protočnost vozila kroz raskrižje, odnosno smanjenje repa čekanja vozila u tom privozu u vršnim prometnim opterećenjima koji je prvenstveno izazvan intenzivnim lijevim skretačima koji onemogućuju desnim skretačima ulijevanje u prometni tok. Osim ovog prijedloga, predlaže se izgradnja razdjelnog otoka na sporednom privozu oblika kaplje, kojim se dodatno kanaliziraju prometni tokovi, smanjuju se konfliktne površine, te se jasno naglašava nailazak na cestu s prednošću prolaska. Prijedlog rješenja loše horizontalne preglednosti iz sporednog privoza u smjeru juga je postavljanje prometnog zrcala.

Dimenzije oblikovnih elemenata idejnog projektnog rješenja tako predviđenog raskrižja 2 su sljedeće. Trak za lijevo na glavnom privozu koji se sastoji od duljine za postavljanje vozila, duljine za usporenje vozila i duljine razvlačenja sljedećih je dimenzija. Duljina traka za postavljanje i usporenje vozila je 12 metara, dok je veličina duljine razvlačenja 50 metara. Polumjeri zaobljenja rubova kolnika povećani su na 12 metara. Na sporednom privozu trak za desno skretanje napravljen je na dužini od 30 metara. Duljina razdjelnika kolnika oblika kaplje na sporednom privozu je 25 metara, te je ona 2 metra udaljena od ruba kolnika. Polumjer gornje glave kaplje je 1,03, a donje 0,5 metara. Idejno rješenje tako izvedenog raskrižja 2 prikazano je Slikom 29., te u Prilogu 5., a trajektorije mjerodavnog vozila za tokove koji vode prema i iz gospodarske zone prikazane su Slikom 30.



Slika 29. Idejno rješenje raskrižja 2

Izvor kartografske podloge: [7]

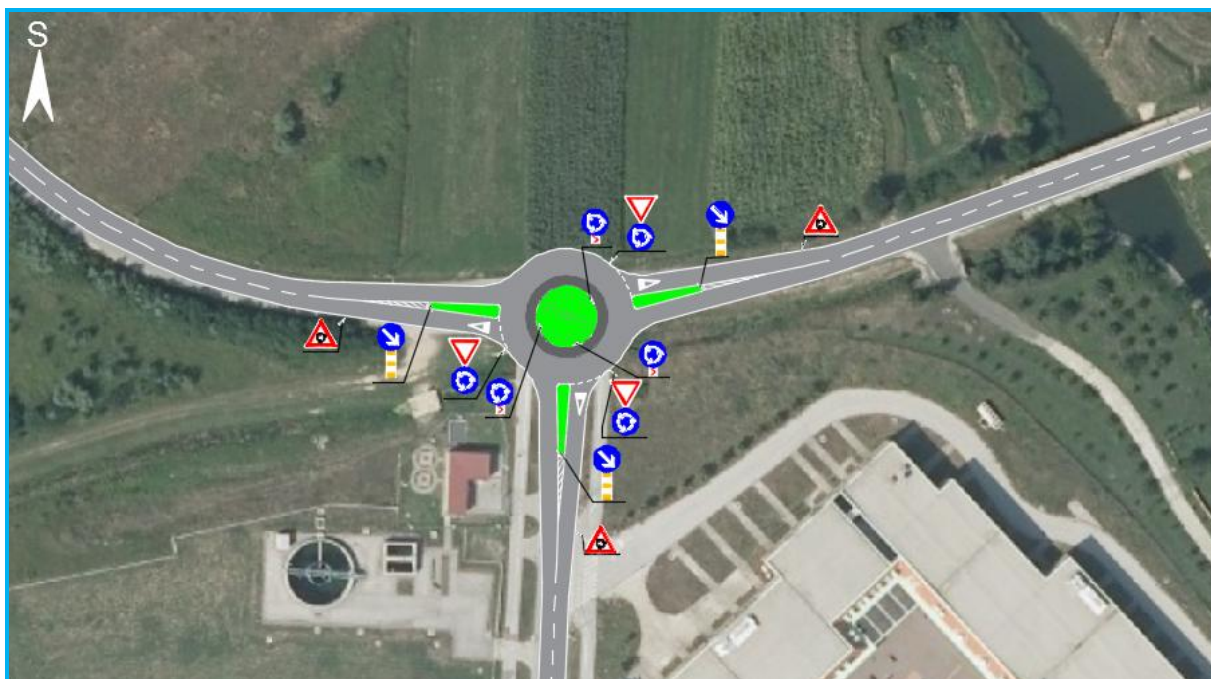


Slika 30. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila na raskrižju 2

5.3. Prijedlog poboljšanja odvijanja prometnih tokova na raskrižju 3

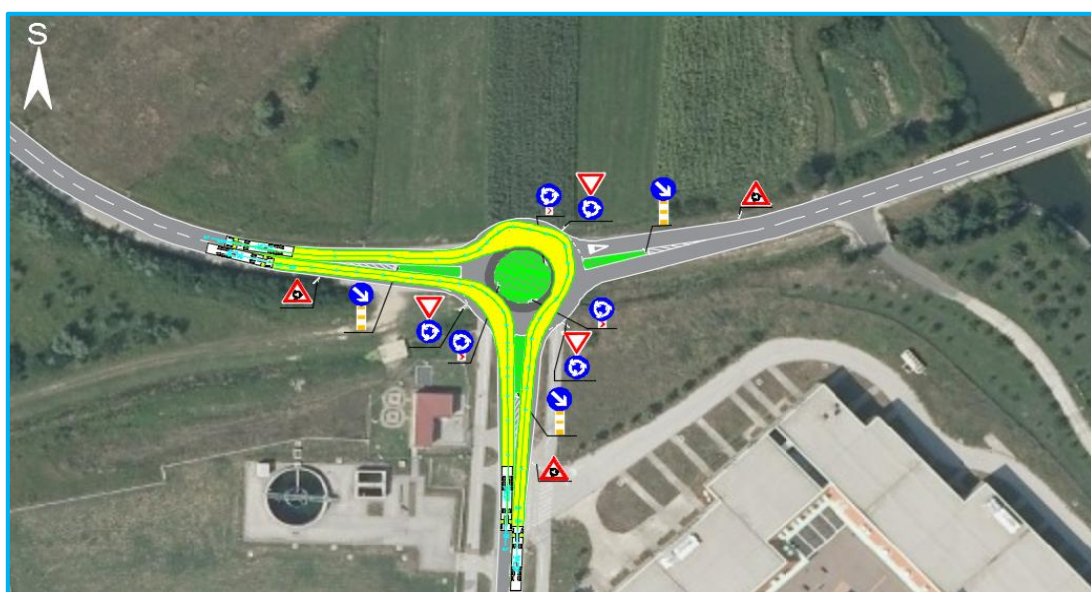
Treće analizirano raskrižje nalazi se na samom ulasku u gospodarsku zonu Sveta Helena. Komparacijom ovog raskrižja s prethodna dva raskrižja, dolazi se do zaključka da je to najmanje opterećeno raskrižje na ovom području. Iako najmanje opterećeno nije prilagođeno potencijalnom prometnom značaju koji u budućnosti može imati. Naime, nešto sjevernije od gospodarske zone Sveta Helena, prepoznavši povoljan geoprometni položaj ovog područja općina Rakovec također u svojim prostornim planovima planira izgradnju gospodarske zone Mlaka [20]. Svi mogući prilazi po postojećoj cestovnoj infrastrukturi do te gospodarske zone vode upravo preko ovog raskrižja. Uzevši to u obzir, kao blagovremena priprema cestovne prometne infrastrukture za buduću prometnu potražnju, na ovom raskrižju predlaže se rekonstrukcija ovog klasičnog trokrakog raskrižja u razini u trokrako raskrižje s kružnim tokom prometa, koji bi se u budućnosti mogao nadograditi četvrtim sjevernim krakom za potrebe gospodarske zone Mlaka. Osim ovog razloga (očekivanje značajnog budućeg prometnog opterećenja), s aspekta sigurnosti dodatno će se naglasiti sam ulazak u gospodarsku zonu Sveta Helena, vozači će biti prisiljeni smanjiti brzinu kod ulaska na navedeno područje, što je vrlo značajno s obzirom na postojanje pješačkih tokova u gospodarskoj zoni. Valja napomenuti da se pravilno koncipiranim raskrižjem s kružnim tokom prometa na ovoj lokaciji značajno estetski poboljšava cjelokupni izgled gospodarske zone Sveta Helena.

Dimenzije oblikovnih elemenata idejnog projektnog rješenja ovog raskrižja s kružnim tokom prometa identične su dimenzijama oblikovnih elementa na prvom predloženom raskrižju. Idejno rješenje raskrižja 3 prikazano je Slikom 31., te u Prilogu 6., a trajektorije provoženja mjerodavnog vozila za tokove koji vode prema i iz gospodarske zone prikazane su Slikom 32.



Slika 31. Idejno rješenje raskrižja 3

Izvor kartografske podloge: [7]

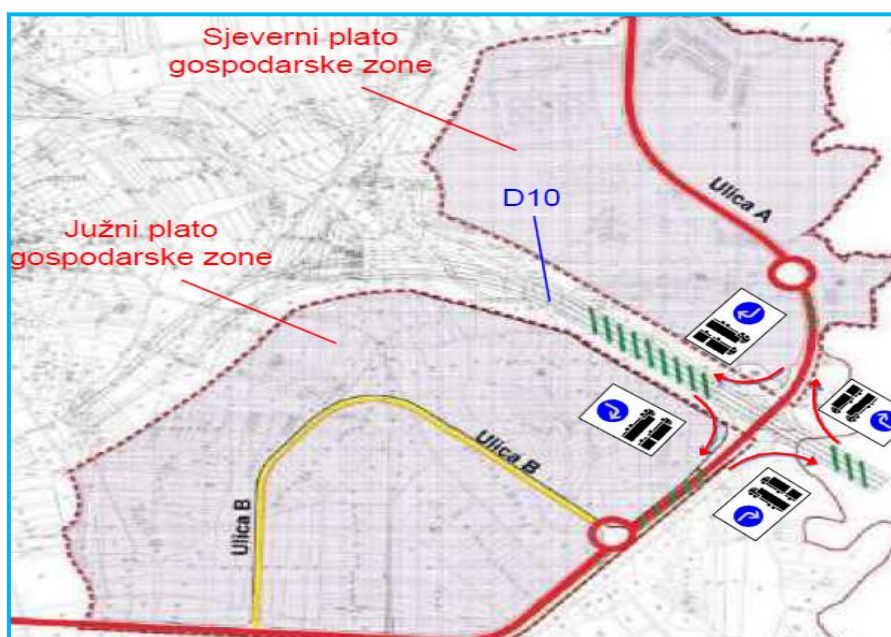


Slika 32. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila na raskrižju 3

5.4. Spajanje gospodarske zone na cestu D10

Jedan od važnijih čimbenika koji uzrokuju nepotrebno presijecanje prometnih tokova na izvangradskim prometnicama i pripadajućim im raskrižjima (odnosno suvišno presijecanje prometnih tokova) jest nedostatak čvorova na autocestama i brzim cestama. Zbog toga se promet akumulira na jednom ili dva čvora, te dovodi nepotrebno u područja koja nisu cilj putovanja [21]. To je slučaj i kod ove gospodarske zone. Spomenutim Urbanističkim planom

uređenja gospodarske zone Sveta Helena kod spajanja nadvožnjakom njezinog sjevernog i južnog segmenta koji se nalaze sa sjeverne i južne strane ceste D10, predviđena je i izgradnja direktnih rampi s navedene ceste, kojima će se prometni tokovi ulijevati i izlijevati s cesta visoke razine uslužnosti izravno u gospodarsku zonu i obrnuto. Takvim vođenjem, odnosno distribucijom prometnih tokova na više čvorova, doći će do rasterećenja ostalih prilaznih raskrižja koja će potom u predloženom obliku u dugoročnom vremenskom horizontu biti u mogućnosti odgovoriti prometnoj potražnji predmetnog područja. S obzirom da su direktnim rampama kod raskrižja izvan razine riješena samo desna skretanja, lijeva skretanja su u ovom slučaju izvedena na način da se na prometnici u samoj gospodarskoj zoni u njenom sjevernom i južnom dijelu nalaze raskrižja s kružnim tokom prometa. Raskrižjima s kružnim tokom prometa omogućeno je polukružno okretanje i usmjeravanje prometnih tokova u željenom smjeru, odnosno lijevo skretanje. Valja spomenuti da će se navedenim spajanjem gospodarske zone s cestom D10 značajno smanjiti količina prvenstveno teretnih vozila koje generira gospodarska zona na ostalim prilaznim raskrižjima, s obzirom da ta kategorija vozila gotovo u potpunosti za svoje itinerare kretanja koristi ceste visoke razine uslužnosti. Slikom 33., shematski je prikazano predviđeno spajanje predmetne gospodarske zone na cestu D10. Prikazan je samo shematski prikaz bez prikaza idejnog rješenja, jer navedeni prijedlog poboljšanja nije ideja autora ovog rada, ali će uz ostala idejna rješenja na ostalim prilazima predmetnog područja učiniti potpunom koncepciju odvijanja prometnih tokova na području gospodarske zone Sveta Helena.



Slika 33. Shematski prikaz spajanja gospodarske zone Sveta Helena na cestu D10

Izvor: Autor prilagodio prema izvoru [3]

6. EVALUACIJA PREDLOŽENIH RJEŠENJA

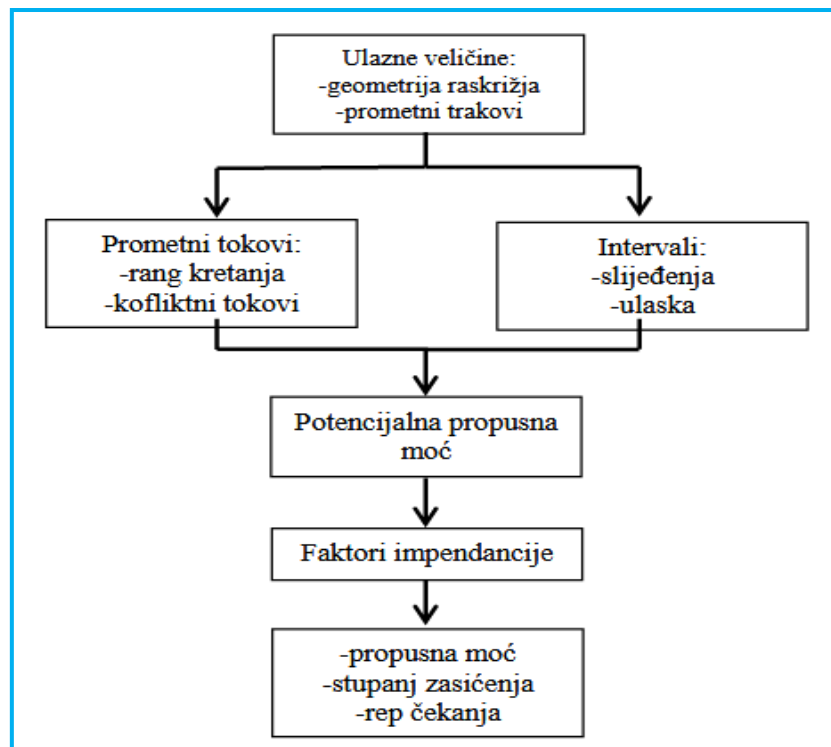
Evaluacija predloženih rješenja napravljena je temeljem izračuna evaluacijskih parametara koji su relevantni za ukazivanje na uvjete odvijanja prometnih tokova na raskrižju, a to su prvenstveno kapacitet pojedinih privoza, vrijednosti repa i vremena čekanja, te pripadajuća razina usluge za raskrižja u razini. Kod raskrižja izvan razine evaluacijski parametri su kapacitet zone ulijevanja i izlivanja, odnosno iskorištenje istog, te razina usluge. Proračun navedenih parametara vrši se prema metodologiji proizašloj iz priručnika HCM (*Highway Capacity Manual*), koji se kao standard koristi u Republici Hrvatskoj. Kako bi se bolje shvatio način izračuna navedenih evaluacijskih parametara u sljedećem potpoglavlju prikazana je kompletna metodologija njihovog izračuna po HCM-u s pojedinim analitičkim izrazima iz domene teorije prometnih tokova potrebnim za taj izračun. Prednost navedene metodologije je njezina inženjerska primjenjivost i mogućnost obrade u tabličnom kalkulatoru, kako bi je korisnici jednostavno i brzo mogli primjenjivati u različitim slučajevima. Rezultati dobiveni navedenim načinom obrade po definiranoj metodologiji prikazani su u nastavku rada. Po njihovu izračunu izvršena je njihova komparacija s izvedbom raskrižja u sadašnjem stanju, te predloženom obliku isključivo gledano kroz najvažniji evaluacijski indikator, a to je razina usluge koju nudimo korisnicima.

6.1. Metodologija izračuna prometnih parametara klasičnih raskrižja u razini

Proračun prometnih parametara raskrižja temelji se na:

- geometrijskim podacima raskrižja (broj prometnih traka, postojanje traka za lijevo skretanje, širine prometnih traka, postojanje razdjelnog pojasa),
- prometnom opterećenju privoza (za svaku radnju u raskrižju),
- postotku teških vozila,
- pješačkim tokovima
- postojanju semaforiziranog raskrižja u zoni do 400 metara i sl.

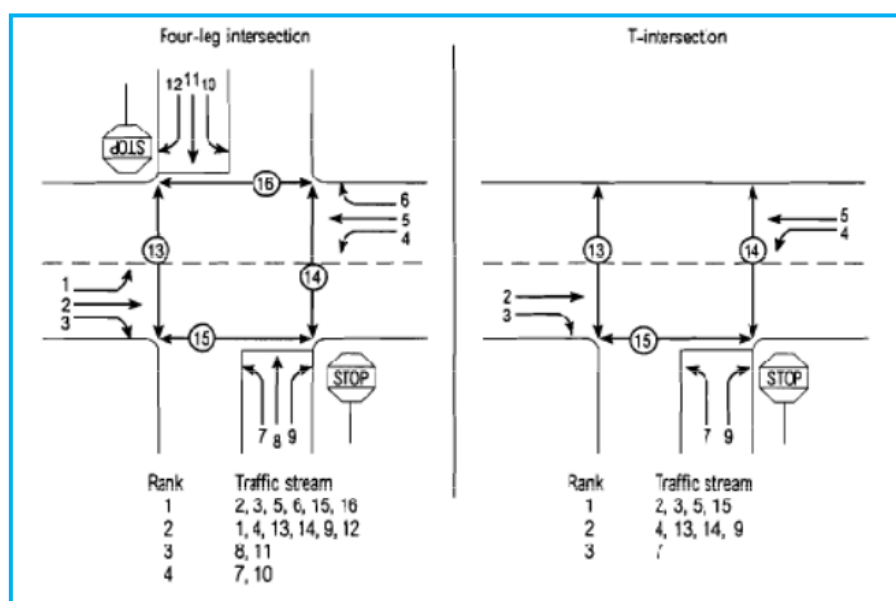
Nakon dobivanja ulaznih podataka izračunavaju se konfliktni prometni tokovi, vrijeme slijeđenja i vremenske praznine. Zatim se vrši proračun potencijalnog kapaciteta, koji se potom prilagođava realnim uvjetima (utjecaj impedancije, zajedničkog prometnog traka i sl.). Potom se računaju duljine repova čekanja i vrijeme kašnjenja na temelju kojeg se određuje razina usluge [22]. Navedeno je prikazano Slikom 34.



Slika 34. Metodologija utvrđivanja propusne moći na nesemaforiziranom raskrižju razini [12]

6.1.1. Prioriteti prometnih tokova

Na nesemaforiziranom raskrižju razmatraju se prometni tokovi s obzirom na prioritete prolaska raskrižjem. Nakon određivanja prometnih tokova i njihovih rangova moguće je utvrditi količinu konflikata između prometnih tokova. Hijerarhija prometnih tokova prema rangui prikazana je na Slici 35. uz zanemarivanje pješačkih tokova 13, 14 i 15 u sklopu ovog rada.



Slika 35. Hijerarhija prometnih tokova na nesemaforiziranom raskrižju razini [22]

Prioritet 1 čine prolazni tokovi na glavnom smjeru i desna skretanja s glavnih privoza. Prioritet 2 uključuje lijeva skretanja s glavnog toka i desna skretanja sa sporednog toka u glavni tok. Prioritet 3 čine tokovi za ravno na sporednim privozima (4 – krako raskrižje) i tokovi za lijevo skretanje sa sporednih privoza u glavni privoz (samo kod T – raskrižja). Prioritet 4 se pojavljuje samo kod četverokrakih raskrižja i čine ga lijeva skretanja sa sporednih privoza u glavni prometni tok.

6.1.2 Konflikti tokovi

Konflikti prometni tok $V_{c,x}$ je zbroj prometnih opterećenja tokova koji su u konfliktu s manevrom x.

Desni skretači sa sporednog privoza su samo u konfliktu s provoznim trakovima u glavnom privozu (ako su dva traka za ravno, onda utječu samo na desni trak u koji se ulijevaju desni skretači). Desni skretači s glavnog privoza ipak indirektno utječu na odluku vozača da izvede manevar desnog skretanja iz sporednog u glavni privoz, pa se uzima u proračun polovica prometnog opterećenja desnih skretača s glavnog privoza.

Lijevi skretači s glavnog privoza su u konfliktu s provoznim prometom i desnim skretačima glavnog privoza suprotnog smjera.

Tokovi za ravno na sporednim privozima su u konfliktu sa svim tokovima glavnih privoza, osim s desnim skretačima na glavnom privozu. No, zbog indirektnog utjecaja na odluku vozača ipak se uzima u proračun polovina prometnog toka desnih skretača na glavnom privozu. Prema istraživanjima pokazalo se da je utjecaj lijevih skretača na glavnom privozu izrazit pa se u proračunu udvostručuje protok lijevih skretača.

Lijevo skretanje sa sporednog privoza je najkompliciraniji manevar na četverokrakom raskrižju. On mora propustiti sve tokove glavnog privoza, te tokove za ravno i desno na sporednom privozu suprotnog smjera. U proračun se uzima samo polovina protoka za ravno i desnih skretača suprotnog sporednog privoza, jer su ti protoci regulirani prometnim znakom (obavezno zaustavljanje ili raskrižje s cestom s prednošću prolaska) i imaju umanjen utjecaj na lijevog skretača. Prema istraživanjima pokazalo se da je utjecaj lijevih skretača na glavnom privozu izrazit, pa se u proračunima njihov protok udvostručuje [22].

6.1.3. Kritične vremenske praznine i vrijeme slijeđenja

Kritična vremenska praznina t_c definira se kao minimalni vremenski interval u prometnom toku glavnog smjera koji omogućuje ulaz vozila sa sporednog privoza u raskrižje.

Vozač će odbaciti svaku prazninu manju od kritične da uđe u raskrižje [22]. Kritična vremenska praznina se računa za svaki manevar posebno prema sljedećem izrazu:

$$t_{C,x} = t_{C,base} + t_{C,HV} * \frac{P_{HV}}{100} + t_{C,G} * G - t_{C,T} - t_{3LT} \quad (2)$$

gdje je:

$t_{C,x}$ – kritična vremenska praznina za manevar x [s]

$t_{C,base}$ – bazna kritična vremenska praznina [s]

$t_{C,HV}$ – korekcijski faktor za teška vozila (za dvotračni glavni pravac je 1)

P_{HV} – postotak teških vozila u toku

$t_{C,G}$ – korekcijski faktor utjecaja uzdužnog nagiba za svaki privoz

G – postotak uzdužnog nagiba privoza

$t_{C,T}$ – korekcijski faktor kod ulaza u raskrižje u dva koraka

t_{3LT} – korekcijski faktor geometrije raskrižja

Vrijeme koje protekne između napuštanja sporednog privoza od strane jednog vozila, do napuštanja drugog vozila naziva se vrijeme slijeđenja [22]. Vrijeme slijeđenja za svaki manevar određuje se prema izrazu:

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} * \frac{P_{HV}}{100} \quad (3)$$

gdje je:

$t_{f,x}$ – vrijeme slijeđenja za manevar x [s]

$t_{f,base}$ – bazno vrijeme slijeđenja [s]

$t_{f,HV}$ – korekcijski faktor za teška vozila

P_{HV} – postotak teških vozila

Tablica 7. Bazične vrijednosti kritičnih vremenskih praznina i vremena slijeđenja [22]

Manevar	Bazni kritični $t_{C,base}$ (s)		Bazni t_f , base (s)
	2 - tračni glavni smjer	4 - tračni glavni smjer	
Lijevo skretanje s glavnog privoza	4,1	4,1	2,2
Desno skretanje sa sporednog privoza	6,2	6,9	3,3
Ravno sa sporednog privoza	6,5	6,5	4
Lijevo skretanje sa sporednog privoza	7,1	7,5	3,5

6.1.4. Potencijalni kapacitet

Potencijalni kapacitet (idealna propusna moć) je kapacitet za specifični manevar pri sljedećim uvjetima:

- promet iz susjednih raskrižja ne utječe na promatrano raskrižje
- postoji posebna traka za svaki manevar sa sporednog privoza [22]

Računa se prema izrazu:

$$C_{p,x} = V_{c,x} * \frac{e^{-V_{c,x} \cdot t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-V_{c,x} \cdot t_{f,x}/3600}} \quad (4)$$

gdje je:

$C_{p,x}$ – potencijalni kapacitet za manevar x

$V_{c,x}$ – konfliktni prometni tok za manevar x

$t_{c,x}$ – kritična vremenska praznina za manevar x [s]

$t_{f,x}$ – vrijeme slijeđenja za manevar x [s]

6.1.5. Realni kapacitet

Realni kapacitet zavisi od stupnja zasićenja prometnog toka i ranga prometnog toka.

Za glavne prometne tokove ranga 1 pretpostavlja se da nisu ometani od prometnih tokova sporednih privoza. Ovaj rang također podrazumijeva da se glavni tok ne usporava i ne kasni prilikom prolaska kroz raskrižje.

Rang 2 nema dodatnih ometanja od strane tokova sa sporednih privoza, pa je realni kapacitet ranga 2 jednak idealnom.

Rang 3 mora propustiti rang 1, te lijeve skretače s glavnog pravca ranga 2. Iz toga proizlazi da rang 3 neće moći iskoristiti sve vremenske praznine kako bi se uključio u glavni tok, jer će neke od tih praznina iskoristiti vozači koji s glavnog toka skreću lijevo. Veličina ove impedancije ovisi o vjerojatnosti da će vozila koja skreću lijevo s glavnog privoza čekati istovremeno odgovarajuću vremensku prazninu kao i vozila ranga 3 [22].

Vjerojatnost da nema repa čekanja se računa prema izrazu:

$$p_{0,j} = 1 - \frac{V_j}{C_{m,j}} \quad (5)$$

gdje je:

j – lijevi skretači s glavnog privoza

C_m – realni kapacitet lijevih skretača (rang 2)

Realni kapacitet za sve manevre ranga 3 računa se pomoću korekcijskog koeficijenta prikazanog izrazom:

$$f_k = \prod_j p_{0,j} \quad (6)$$

gdje je:

$p_{0,j}$ – vjerojatnost da prometni tok ranga 2 nema repa čekanja ($j = 1,4$)

k – manevri ranga 3

Stoga se realni kapacitet ranga 3 računa prema izrazu:

$$C_{m,k} = (C_{p,k}) * f_k \quad (7)$$

Vozila ranga 4 (lijevi skretači sa sporednog privoza) moraju propustiti sva vozila viših rangova, te ovise o redu čekanja sva tri viša ranga. Kod ranga 4 bitno je uočiti da vjerojatnosti viših rangova nisu neovisne jedna o drugoj. Posebno, vjerojatnost da nema reda čekanja u traku za lijevo skretanje s glavnog privoza utječe na vjerojatnost da nema reda čekanja u traku za ravno sa sporednog privoza [22]. Iz tog razloga potrebno je odrediti faktor statističke zavisnosti za tokove ranga 2 i 3, što je prikazano izrazom:

$$p' = 0,65 * p'' - \frac{p''}{p''+3} + 0,6 * \sqrt{p''} \quad (8)$$

gdje je:

p' – faktor statističke zavisnosti vjerojatnosti za struje 2 i 3 ranga

$p'' = (f_k) * (P_{0,k})$

$P_{0,k}$ – vjerojatnost da prometni tok ranga 3 nema reda čekanja ($k = 8,11$), izraz:

$$p_{0,k} = 1 - \frac{V_k}{C_{m,k}} \quad (9)$$

Korekcijski faktor prikazan je izrazom:

$$f_l = (p') * (p_{0,j}) \quad (10)$$

gdje je:

l – lijevi skretači sa sporednog privoza

j – desni skretači sa sporednog privoza

Konačno, realni kapacitet ranga 4 računa se prema izrazu:

$$C_{m,l} = (f_l) * (C_{p,l}) \quad (11)$$

6.1.6. Kapacitet zajedničkih trakova

Kapacitet zajedničkih trakova na sporednom privozu računa se prema izrazu [22]:

$$C_{SH} = \frac{\sum_y V_y}{\sum_y \left(\frac{V_y}{C_{m,y}}\right)} \quad (12)$$

gdje je:

C_{SH} – kapacitet zajedničkog traka

V_y – protok vozila za pojedini manevar u zajedničkom traku

6.1.7. Duljina repa čekanja

Rep čekanja je funkcija kapaciteta i stvarnog protoka u analiziranom vremenu. Prema izrazu (13), se računa broj vozila u repu čekanja s devedesetpetpostotnom sigurnošću. Duljina repa čekanja računa se za lijevo skretanje s glavnog privoza i trakove sporednog privoza [22].

$$Q_{95} \approx 900 * T \left[\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}}\right) * \left(\frac{V_x}{C_{m,x}}\right)}{150 * T}} \right] * \frac{C_{m,x}}{3600} \quad (13)$$

gdje je:

Q_{95} – 95% rep čekanja [vozila]

V_x – protok za manevar x

$C_{m,x}$ – realni kapacitet manevra x

T – analizirani period (0.25 za 15 – minutni period)

6.1.8. Prosječno vrijeme čekanja i razina usluge

Razina usluge je kvalitativna mjera koja opisuje operativne uvjete prometnog toka, a parametri na temelju kojih se utvrđuje su: brzina, vrijeme putovanja, sloboda manevriranja, utjecaj drugog prometa, udobnost. Definirano je šest razina usluge od A do F. Razina usluge A predstavlja najbolje operativne uvjete, a razina F najlošije. Kod nesemaforiziranih raskrižja razina usluge određuju se na temelju vremena čekanja za svaku traku posebno, ali i za privoze raskrižja, kao i za samo raskrižje na temelju Tablice 8 [22].

Tablica 8. Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena čekanja [22]

Razina usluge	Prosječna vremena kašnjenja [s/voz]
A	0-10
B	>10-15
C	>15-25
D	>25-35
E	>35-50
F	>50

Prosječno vrijeme čekanja definira se kao vrijeme koje protekne od kada vozilo dođe na kraj repa čekanja do trenutka prolaska stop linije na privozu raskrižja [22]. Računa se prema izrazu:

$$d_x = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900 * T * \left[\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}} \right) * \left(\frac{V_x}{C_{m,x}} \right)}{450 * T}} \right] + 5 \quad (14)$$

gdje je:

d – prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz]

Konstantna vrijednost od 5 s/voz dodana je u formulu zbog usporenja vozila iz brzine slobodnog toka do brzine vozila u redu čekanja i zbog ubrzavanja vozila od zaustavne linije do brzine slobodnog toka. Računa se za lijevo skretanje s glavnog privoza i trakove sporednog privoza [22].

Nakon proračuna vremena čekanja za lijeve skretače s glavnog privoza i trakove sporednog privoza, prosječno vrijeme kašnjenja po samim privozima određuje se pomoću izraza [22]:

$$d_A = \frac{d_r * v_r + d_t * v_t + d_l * v_l}{v_r + v_t + v_l} \quad (15)$$

gdje je:

d_a – vrijeme kašnjenja po privozu [s/voz]

d_r, d_t, d_l – proračunato vrijeme kašnjenja za desno , za ravno i za lijevo skretanje

v_r, v_t, v_l – prometno opterećenje[voz/h]

Prosječno vrijeme čekanja kompletnog raskrižja računa se prema izrazu:

$$d_I = \frac{d_{A,1} * V_{A,1} + d_{A,2} * V_{A,2} + d_{A,3} * V_{A,3} + d_{A,4} * V_{A,4}}{V_{A,1} + V_{A,2} + V_{A,3} + V_{A,4}} \quad (16)$$

gdje je:

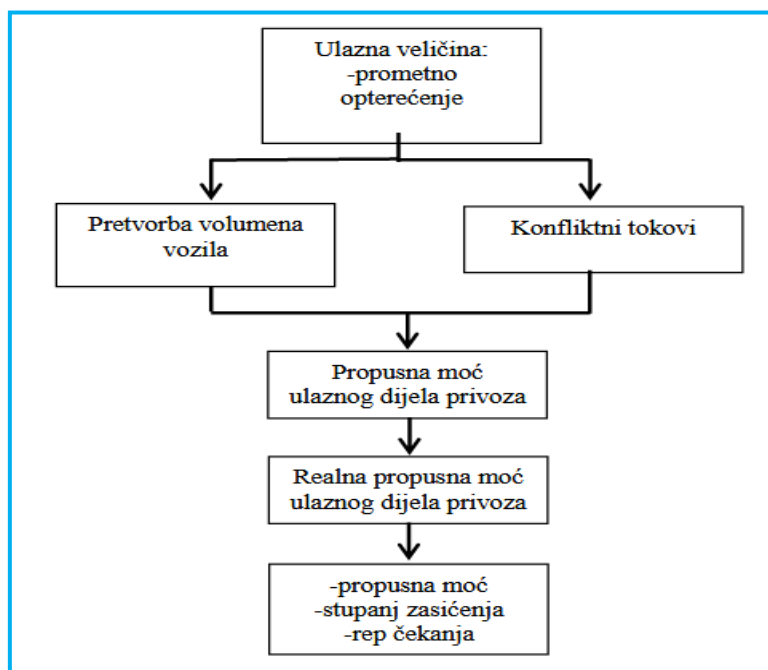
$d_{a,x}$ – prosječno vrijeme kašnjenja po privozu [s/voz]

$v_{a,x}$ – prometno opterećenje privoza [voz/h]

6.2. Metodologija izračuna prometnih parametara raskrižja s kružnim tokom prometa

Kapacitet kružnih raskrižja, te razina usluge može se procijeniti temeljem konfliktnih prometnih tokova. Proračuni su primjenjivi za raskrižja s jednim trakom na ulaznim i izlaznim privozima, te jednim trakom u kružnom kolniku.

Po prikupljenim ulaznim parametrima pristupa se utvrđivanju stvarnog intenziteta pojedinog manevra, te pretvorbi volumena prometnog toka u volumen izražen ekvivalentima osobnih vozila. Potom se izračunavaju konfliktni prometni tokovi, te propusna moć ulaznog dijela privoza. Zatim se temeljem faktora prilagodbe za teška vozila izračunava realni kapacitet ulaznog dijela privoza. Nakon toga računa se stupanj zasićenja, vrijeme kašnjenja i rep čekanja, te se određuje pripadajuća razina usluge. Navedeno je prikazano Slikom 36.



Slika 36. Metodologija utvrđivanja propusne moći na raskrižju s kružnim tokom prometa [12]

6.2.1. Izračun intenziteta pojedinog manevra i prometnog opterećenja u EJA jedinicama

Intenzitet pojedinog manevra x određuje se sljedećim izrazom:

$$v_x = \frac{V_x}{PHF} \quad (17)$$

gdje je:

v_x – intenzitet za manevar x [voz/h]

V_x – stvarni intenzitet pojedinog manevra x [voz/h]

PHF – faktor vršnog sata

Po utvrđivanju stvarnog intenziteta za svaki pojedini manevar vozila u raskrižju, pristupa se pretvorbi volumena vozila iz voz/h u ekvivalentne jedinice automobila EJA/h. To se vrši pomoću sljedećih izraza:

$$V_x = \frac{v_x}{f_{x,HV}} \quad (18)$$

$$f_{x,HV} = \frac{1}{1 + P_{HV} \cdot (E_T - 1)} \quad (19)$$

gdje je:

V_x – intenzitet za manevar x [PAJ/h]

v_x – intenzitet za manevar x [voz/h]

$f_{x,HV}$ – faktor prilagodbe za teška vozila

E_T – koeficijent ekvivalentnih jedinica

6.2.2. Konfliktne tokovi

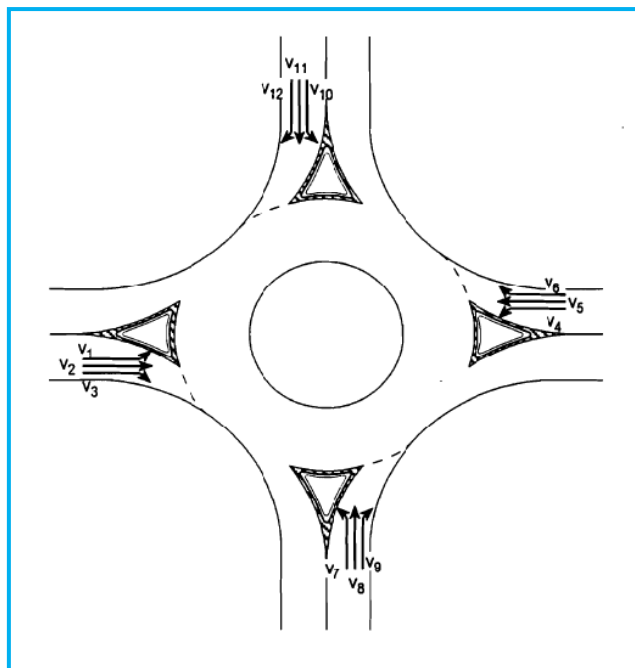
Konfliktne tokove predstavlja zbroj prometnog opterećenja tokova koji su međusobno u konfliktu. Kod raskrižja s kružnim tokom prometa konfliktne tokove računaju se prema izrazu:

$$\begin{aligned} V_{c,1,PAJ} &= V_{4,PAJ} + V_{10,PAJ} + V_{11,PAJ} \\ V_{c,2,PAJ} &= V_{1,PAJ} + V_{2,PAJ} + V_{10,PAJ} \\ V_{c,3,PAJ} &= V_{1,PAJ} + V_{7,PAJ} + V_{8,PAJ} \\ V_{c,4,PAJ} &= V_{4,PAJ} + V_{5,PAJ} + V_{7,PAJ} \end{aligned} \quad (20)$$

gdje je:

$V_{x,PAJ}$ – intenzitet za manevar x [PAJ]/h

$V_{c,PAJ}$ – konfliktni tok za pojedini privoz [PAJ]/h]



Slika 37. Prometni tokovi u raskriju s kružnim tokom prometa [22]

6.2.3. Propusna moć ulaznog dijela privoza

Po definiranju prethodnih parametara, propusna moć ulaznog dijela svakog privoza određuje se prema sljedećem izrazu:

$$C_u = 1130 * e^{(-1*10^{-3})*V_{c,x}} \quad (21)$$

gdje je:

C_u – propusna moć ulaza privoza [PAJ]/h]

$V_{c,x}$ – konfliktni prometni tok za pojedini privoz [PAJ]/h]

6.2.4. Intenzitet ulaza u vozilima po satu

Umnožak prometnog opterećenja u ekvivalentnim jedinicama automobila i faktora prilagodbe za teška vozila predstavlja intenzitet ulaska u vozilima po satu. Navedeno je prikazano sljedećim izrazima:

$$V = Q_{PAJ} * f_{HVe} \quad (22)$$

gdje je:

V – stvarni intenzitet pojedinog privoza [voz/h]

Q_{PAJ} – intenzitet ulaza privoza [PAJ]/h]

f_{HVe} – faktor prilagodbe teških vozila za pojedini privoz

$$f_{HVe} = \frac{f_{x,HV,L} * V_{L,PAJ} + f_{x,HV,R} * V_{R,PAJ} + f_{x,HV,D} * V_{D,PAJ}}{V_{L,PAJ} + V_{R,PAJ} + V_{D,PAJ}} \quad (23)$$

gdje je:

f_{HVe} – faktor prilagodbe teških vozila za pojedini privoz

$f_{x,HV,L,R,D}$ – faktor prilagodbe teških vozila za pojedini manevar x (lijevo, ravno, desno)

$f_{L,R,D,PAJ}$ – intenzitet za za pojedini manevar x (lijevo, ravno, desno)

6.2.5. Realni kapacitet ulaza

Realni kapacitet ulaza izračunava se sljedećim izrazom:

$$C_u = C_{u,PAJ} * f_{HVe} * f_{pj} \quad (24)$$

gdje je:

C_u – kapacitet ulaza [voz/h]

$C_{u,PAJ}$ – kapacitet ulaza [PAJ/h]

f_{HVe} – faktor prilagodbe teških vozila za pojedini privoz

f_{pj} – faktor prilagodbe za kapacitet ulaza privoza

6.2.6. Stupanj zasićenja

Stupanj zasićenja predstavlja omjer volumena privoza i propusne moći privoza. Vrijednosti do 0,9 predstavljaju zadovoljavajući stupanj zasićenja, dok pri većim vrijednostima dolazi do zagušenja na privozima raskrižja. Određuje se sljedećim izrazom:

$$X = \frac{v_x}{c_u} \quad (25)$$

gdje je:

X – stupanj zasićenja pojedinog privoza

C_u – kapacitet ulaza [voz/h]

V_x – stvarni intenzitet pojedinog privoza [voz/h]

6.2.7. Duljina repa čekanja

Predstavlja duljinu nakupljanja vozila koja čekaju da uđu u kružni kolnik [23]. Izraz je:

$$Q_{95} = 900 * T * \left[X - 1 + \sqrt{(1 - X)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_u}\right) * X}{150 * T}} \right] \frac{3600}{C_u} [\text{voz}] \quad (26)$$

gdje je:

Q_{95} – 95% rep čekanja [vozila]

x – stupanj zasićenja pojediniog privoza

C_u – kapacitet ulaza [voz/h]

T – analizirani period (0.25 za 15 – minutni period)

6.2.8. Prosječno vrijeme čekanja i razina usluge

Standardni parametar koji se koristi za mjerenje učinkovitosti raskrižja s kružnim tokom prometa, kao i ostalih oblika raskrižja u razini [23]. Na temelju prosječnog vremena kašnjenja određuje se pripadajuća razina usluge na isti način kao i kod klasičnih raskrižja. Izrazi za određivanje razine usluge pojedinog privoza i cijelog raskrižja su sljedeći:

$$d_x = \frac{3600}{C_u} + 900 * T * \left[X - 1 + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_u}\right) * X}{450 * T}} \right] + (5 * X) \quad (27)$$

gdje je:

d_x – prosječno vrijeme kašnjanja manevra [s/voz]

X – stupanj zasićenja pojedinog privoza

C_u – kapacitet ulaza [voz/h]

T – vremenski period (za 15 min $T = 0,25$)

$$d_{RKT} = \frac{d_A * V_A + d_B * V_B + d_C * V_C + d_D * V_D}{V_A + V_B + V_C + V_D} \quad (28)$$

gdje je:

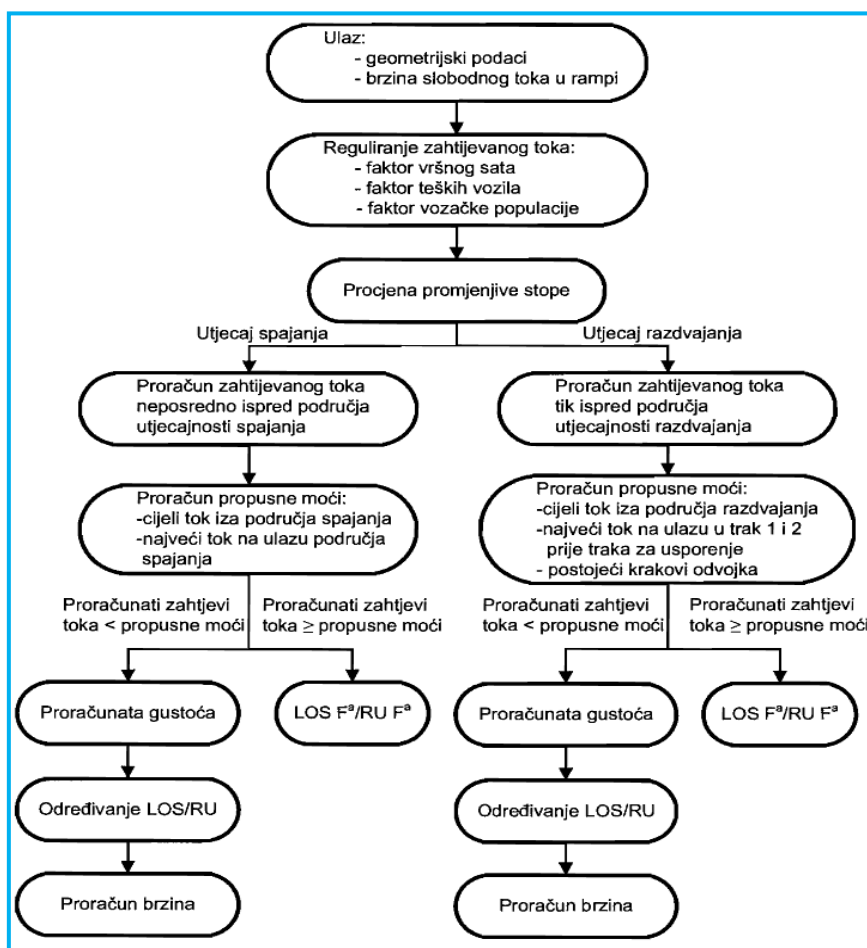
d_{RKT} – prosječno vrijeme kašnjenja raskrižja s kružnim tokom prometa

d_{A_D} – prosječno vrijeme kašnjenja privoza (A do D) [s/voz]

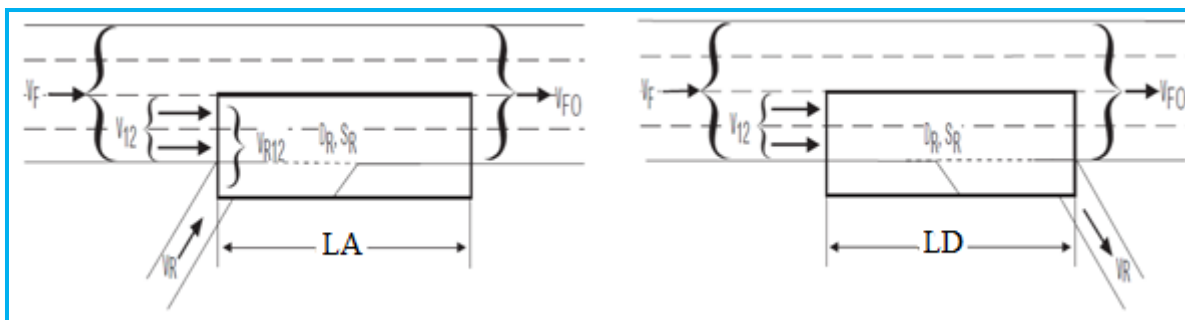
V_{A_D} – volumen prometa promatranog privoza (A do D) [voz/h]

6.3. Metodologija izračuna prometnih parametara za zone ulijevanja i izlijevanja

Proračun propusne moći i razine usluge za zone ulijevanja i izlijevanja u sklopu ovog rada odnosi se na predviđeno raskrižje izvan razine kojim će se predmetna gospodarska zona spojiti na cestu visoke razine uslužnosti. Zone ulijevanja i izlijevanja su područja u kojima se dva ili više prometna toka stapaju u jedan (ulijevanje - uplitanje), odnosno gdje se jedan prometni tok dijeli na dva ili više prometna toka (izlijevanje – isplitanje). Zone ulijevanja i izlijevanja karakteristične su upravo za raskrižja izvan razine u kojima treba osigurati neprekinutost prometnih tokova. Prometne radnje uplitanja i isplitanja omogućene su spojnim cestama (rampama). No, propusna moć spojnih cesta je determinirana njihovim oblikom izvedbe, te se stoga ovaj izračun prvenstveno odnosi na izračun pripadajuće razine usluge u samim zonama ulijevanja i izlijevanja na glavnim prometnim pravicima.



Slika 38. Metodologija za proračun utvrđivanja propusne moći i razine usluge u zonama ulijevanja i izlijevanja prometnih tokova [24]



Slika 39. Osnovne varijable za zone ulijevanja i izlivanja [24]

6.3.1. Prilagodba parametara prometne potražnje

Prometni tokovi koji sadrže teretna vozila moraju biti pretvoreni u ekvivalentne mjerodavne protoke izražene u vozilima po satu po prometnom traku [24]. Ta prilagodba prometnih tokova provodi se temeljem fhv faktora, što je prikazano narednim izrazom:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + PT * (ET - 1) + PR * (ER - 1)} \quad (29)$$

gdje je:

ET, ER – ekvivalentne jedinice automobila; teretna vozila (2) i rekreativna vozila (1,5)

PT, PR – udio teretnih vozila/autobusa i rekreativnih vozila u prometnom toku

fhv – faktor prilagodbe za teretna i rekreativna vozila

Prije primjene navedenih proračuna kapaciteta i razine usluge, sve relevantne protoke na autocesti i spojnim cestama (rampama) potrebno je konvertirati u ekvivalentne jedinice automobila, što se provodi pomoću sljedećeg izraza [24]:

$$v_i = \frac{V_i}{PHF * fhv * fp} \quad (30)$$

gdje je:

v_i – protok za prometnu radnju i [EJA/h]

V_i – satni protok za prometnu radnju i [voz/h]

PHF – faktor vršnog sata (0,9)

fhv – faktor prilagodbe utjecaja teretnih vozila u prometnom toku

fp – faktor prilagodbe za tip vozača u prometnom toku (1)

6.3.2. Definiranje prometne potražnje u zoni ulijevanja i izlijevanja, te kapaciteta rampi, zone ulijevanja i zone izlijevanja

Za zone ulijevanja vrijedi izraz [24]:

$$v_{12} = v_f * PFM \quad (31)$$

gdje je:

v_{12} – protok vozila na prometnim trakovima 1 i 2 neposredno ispred promatrane zone ulijevanja prometnih tokova [EJA/h]

v_f – protok na segmentu autoceste neposredno ispred zone ulijevanja [EJA/h]

PFM – udio dolaznog toka koji ostaje na prometnim trakovima 1 i 2 neposredno ispred promatrane zone ulijevanja (1)

Za zone izlijevanja kod autocesta s dvije trake u svakom smjeru vrijedi izraz [24]:

$$v_{12} = v_f \quad (32)$$

Tablica 9. Aproximativne vrijednosti kapaciteta rampi ovisno o brzini slobodnog toka i broju traka [24]

Brzina slobodnog toka rampe [km/h]	Kapacitet rampe [EJA/h]	
	jednotračna	dvotračna
više od 80	2200	4400
65 do 80	2100	4100
50 do 65	2000	3800
30 do 50	1900	3500
manje od 30	1800	3200

Tablica 10. Kapacitet zone ulijevanja prometnih tokova ovisno o brzini slobodnog toka i broju traka [24]

Brzina slobodnog toka rampe [km/h]	Kapacitet glavnog toka nakon područja uplitanja				Najveća rata toka područja uplitanja Vr12 [EJA/h]
	Broj prometnih traka na glavnom toku				
	2	3	4	više od 4	
120	4800	7200	9600	2400/trak	4600
110	4700	7050	9400	2350/trak	4600
100	4600	6900	9200	2300/trak	4600
90	4500	6750	9000	2250/trak	4600

Tablica 11. Kapacitet zone izlijevanja prometnih tokova ovisno o brzini slobodnog toka i broju traka [24]

Brzina slobodnog toka rampe [km/h]	Kapacitet glavnog toka nakon područja isplitanja				Najveća rata toka područja uplitanja V12 [EJA/h]
	Broj prometnih traka na glavnom toku				
	2	3	4	više od 4	
120	4800	7200	9600	2400/trak	4400
110	4700	7050	9400	2350/trak	4400
100	4600	6900	9200	2300/trak	4400
90	4500	6750	9000	2250/trak	4400

6.3.3. Proračun gustoće i određivanje razine usluge zona ulijevanja i izlivanja

Za zone ulijevanja vrijedi izraz [24]:

$$D_r = 3,402 + 0,00456 * v_R + 0,0048 * v_{12} - 0,01278 * L_A \quad (33)$$

gdje je:

DR – gustoća prometnog toka u zoni ulijevanja prometnih tokova [EJA/km/traku]

v_R – vršni ekspanzirani petnaestminutni protok vozila na ulaznoj rampi [EJA/h]

v_{12} – protok na ulazu u promatranu zonu ulijevanja [EJA/h]

L_A – duljina traka za ubrzavanje vozila [m]

Za zone izlivanja vrijedi izraz [24]:

$$D_r = 2,642 + 0,0053 * v_{12} - 0,0183 * L_D \quad (34)$$

gdje je:

DR – gustoća prometnog toka u promatranoj zoni izlivanja [EJA/km/traku]

v_{12} – protok vozila na ulazu u promatranu zonu izlivanja [EJA/h]

L_D – duljina traka za usporavanje vozila [m]

Tablica 12. Kriteriji za utvrđivanje razine usluge u zonama ulijevanja i izlivanja prometnih tokova [24]

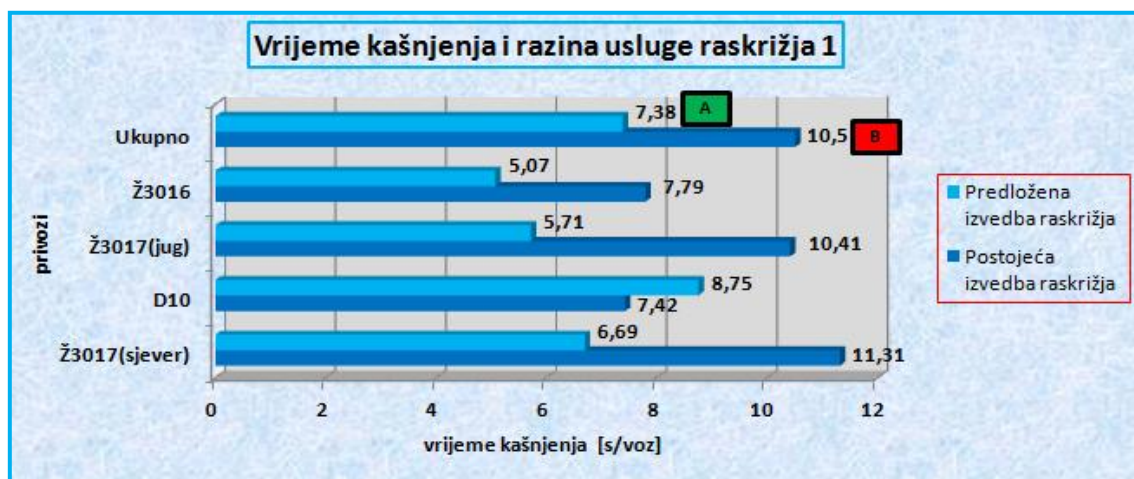
Razina usluge	Gustoća [EJA/km/trak]
A	6
B	6 do 12
C	12 do 17
D	17 do 22
E	više od 22
F	/

6.4. Prikaz izračunatih evaluacijskih parametara

Kao što je rečeno za izračun evaluacijskih parametara prema definiranim metodologijama upotrijebljen je tablični kalkulator, te su u narednim tablicama podastrijeti dobiveni podaci. Osnovni ulazni podaci koji su korišteni za ovaj izračun su podaci dobiveni temeljem brojanja prometa u popodnevnom vršnom satu.

Tablica 13. Vrijednosti evaluacijskih parametara na raskrižju 1

Postojeća izvedba raskrižja					Predložena izvedba raskrižja				
Prometni trak	Propusna moć [voz/h]	Rep čekanja [voz]	Vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge	Prometni trak	Propusna moć ulaza [voz/h]	Rep čekanja [voz]	Vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge
Privoz 1_Ž3017 (sjever)					Privoz 1_Ž3017 (sjever)				
lijevo/ravno/desno	586	1,3	11,31	B	lijevo/ravno/desno	848	0,9	6,69	A
Privoz 2_D10					Privoz 2_D10				
lijevo/ravno/desno	1502	0,04	7,42	A	lijevo/ravno/desno	862	1,86	8,75	A
Privoz 3_Ž3017 (jug)					Privoz 3_Ž3017 (jug)				
lijevo/ravno/desno	674	0,38	10,41	B	lijevo/ravno/desno	782	0,36	5,71	A
Privoz 4_Ž3016					Privoz 4_Ž3016				
lijevo/ravno/desno	1542	0,05	7,79	A	lijevo/ravno/desno	860	0,31	5,07	A
Razina usluge kompletnog raskrižja					Razina usluge kompletnog raskrižja				
B					A				



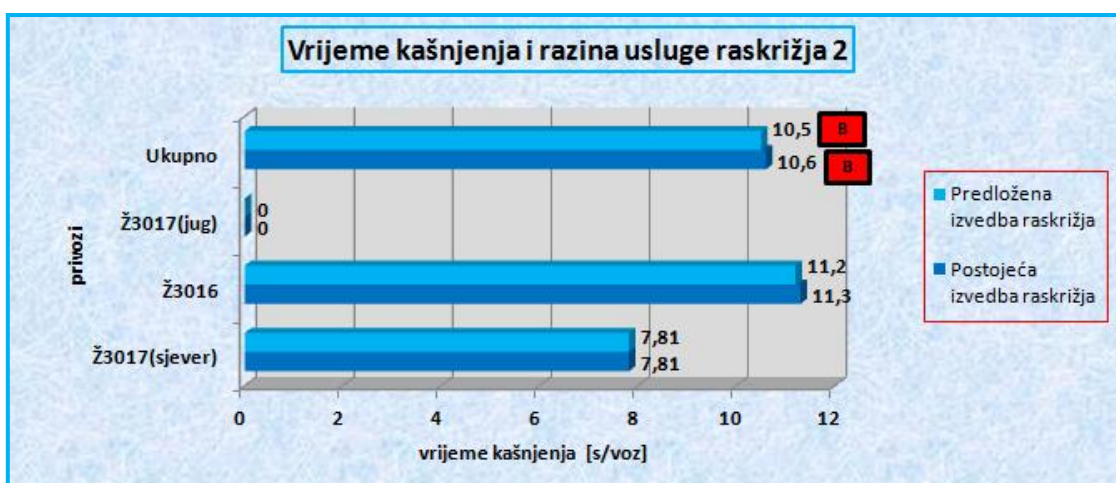
Grafikon 16. Komparacija vremena kašnjenja i pripadajuće razine usluge postojeće i predložene izvedbe raskrižja 1

Iz Tablice 13. možemo uvidjeti da se predloženom izvedbom raskrižja mijenjaju uvjeti odvijanja prometnih tokova na predmetnoj lokaciji. Dolazi do smanjenja repa čekanja na

sporednim privozima (privoz 1 i privoz 3) raskrižja s kružnim tokom prometa u odnosu na klasičnu izvedbu raskrižja, čiji je uzrok drugačije koncipirano pravilo prednosti prolaska u kružnim raskrižjima. Navedeno dovodi i do smanjenja vremena kašnjenja na svim privozima ovog raskrižja izuzev istočnog privoza ovog raskrižja. Smanjenje vremena kašnjenja u konačnici dovodi do veće razine uslužnosti koja je ponuđena korisnicima prometnog sustava. Predloženom izvedbom raskrižja osigurava se najviša razina uslužnosti na svim privozima kao i na cjelokupnom raskrižju. Detaljniji prikaz komparacije vremena kašnjenja i pripadajuće razine usluge postojeće i predložene izvedbe raskrižja vidljiv je na Grafikonu 16.

Tablica 14. Vrijednosti evaluacijskih parametara na raskrižju 2

Postojeća izvedba raskrižja					Predložena izvedba raskrižja				
Prometni trak	Propusna moć [voz/h]	Rep čekanja [voz]	Vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge	Prometni trak	Propusna moć [voz/h]	Rep čekanja [voz]	Vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge
Privoz 1_Ž3017 (sjever)					Privoz 1_Ž3017 (sjever)				
ravno/lijevo	1283	0,09	7,81	A	ravno	1104	0	0	A
					lijevo	1614	0,09	7,81	A
Privoz 2_Ž3016					Privoz 2_Ž3016				
lijevo/desno	588	1,08	11,3	B	desno	860	0,16	9,2	A
					lijevo	523	0,82	11,2	B
Privoz 3_Ž3017 (jug)					Privoz 3_Ž3017 (jug)				
ravno/desno	/	0	0	A	ravno/desno	/	0	0	A
Razina usluge kompletnog raskrižja					Razina usluge kompletnog raskrižja				
B					B				

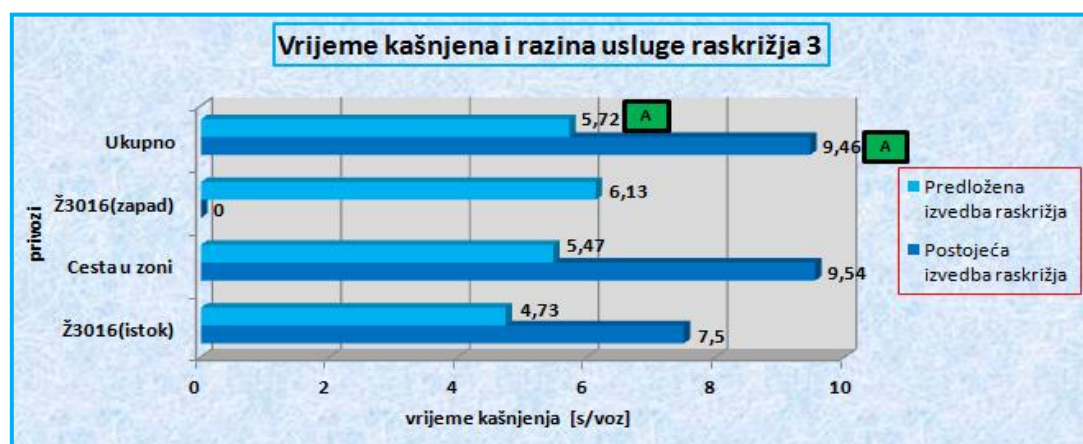


Grafikon 17. Komparacija vremena kašnjenja i pripadajuće razine usluge postojeće i predložene izvedbe raskrižja 2

Iz Tablice 14. uviđamo da predloženom izvedbom raskrižja tj. dodavanjem traka za lijevo skretanje s glavnog privoza, te traka za desno skretanja sa sporednog privoza u odnosu na postojeće stanje povećavamo kapacitet ovog raskrižja. Osim povećanja kapaciteta navedeno dovodi do smanjena repa i vremena čekanja što je posebno izraženo na sporednom privozu raskrižja (privoz 2). Smanjenjem vremena čekanja povećavamo razinu usluge na sporednom privozu raskrižja prvenstveno za prometni tok desnih skretača. Razina usluge kompletnog raskrižja ostala je u cjelini nepromijenjena te je ona u ovom slučaju razina usluge B. Detaljniji prikaz komparacije vremena kašnjenja i pripadajuće razine usluge postojeće i predložene izvedbe raskrižja vidljiv je na Grafikonu 17.

Tablica 15. Vrijednosti evaluacijskih parametara na raskrižju 3

Postojeća izvedba raskrižja					Predložena izvedba raskrižja				
Prometni trak	Propusna moć [voz/h]	Rep čekanja [voz]	Vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge	Prometni trak	Propusna moć ulaza [voz/h]	Rep čekanja [voz]	Vrijeme kašnjenja [s/voz]	Razina usluge
Privoz 1_Ž3016 (istok)					Privoz 1_Ž3016 (istok)				
lijevo/ravno/desno	1441	0,01	7,5	A	lijevo/ravno/desno	834	0,14	4,73	A
Privoz 2_Cesta u gospodarskoj zoni					Privoz 2_Cesta u gospodarskoj zoni				
lijevo/ravno/desno	802	0,58	9,54	A	lijevo/ravno/desno	938	0,61	5,47	A
Privoz 3_Ž3016 (zapad)					Privoz 3_Ž3016 (zapad)				
lijevo/ravno/desno	/	0	0	A	lijevo/ravno/desno	890	0,78	6,13	A
Razina usluge kompletnog raskrižja					Razina usluge kompletnog raskrižja				
A					A				



Grafikon 18. Komparacija vremena kašnjenja i pripadajuće razine usluge postojeće i predložene izvedbe raskrižja 3

Temeljem izračunatih evaluacijskih parametara raskrižja 3 koji su prikazani Tablicom 15. možemo uvidjeti da je kao i kod prvog analiziranog raskrižja došlo do promjene uvjeta odvijanja prometnih tokova gledano kroz navedene parametre. Vjerojatni uzrok je već spomenuto drugačije koncipirano pravilo prednosti prolaska kod raskrižja s kružnim tokom prometa u odnosu na klasičnu izvedbu raskrižja u razini. Predložena izvedba raskrižja s kružnim tokom prometa dovodi do povećanja repa čekanja koji je posebno izražen na postojećem glavnom prometnom toku klasičnog raskrižja. No, vrijeme kašnjenja kao najvažniji evaluacijski indikator smanjen je na svim privozima raskrižja, uz njegovo osjetno smanjenje na razini cjelokupnog raskrižja što je i predočeno Grafikonom 18.

Tablica 16. Vrijednosti evaluacijskih parametara u zoni ulijevanja i izlijevanja prometnih tokova kod spajanja gospodarske zone Sveta Helena na cestu D10

Zona ulijevanja				Zona izlijevanja			
V_F [voz/h]	610	v_F [EJA/h]	745,63	V_F [voz/h]	610	v_F [EJA/h]	745,63
V_{12} [voz/h]	610	v_{12} [EJA/h]	745,63	V_{12} [voz/h]	610	v_{12} [EJA/h]	745,63
V_R [voz/h]	90	v_R [EJA/h]	119,005	V_R [voz/h]	100	v_R [EJA/h]	138,89
V_{R12} [voz/h]	710	v_{R12} [EJA/h]	864,635	V_{R12} [voz/h]	/	v_{R12} [EJA/h]	/
V_{F0} [voz/h]	710	v_{F0} [EJA/h]	864,635	V_{F0} [voz/h]	510	v_{F0} [EJA/h]	606,74
PHF	0,9	c_f [voz/h]	4700	PHF	0,9	c_f [voz/h]	4700
f_{HV}	0,909	c_R [voz/h]	2000	f_{HV}	0,909	c_R [voz/h]	2000
f_{HV_R}	0,8403	c_{F0} [voz/h]	4700	f_{HV_R}	0,8	c_{F0} [voz/h]	4700
f_p	1	c_{R12} [voz/h]	7050	f_p	1	x_f [%]	15,86
PFM	1	x_f [%]	15,86	PFM	1	x_R [%]	6,94
LA	250	x_R [%]	5,95	LD	250	x_{F0} [%]	12,91
D_R	4,328	x_{F0} [%]	18,396	D_R	2,018		
Razina usluge	A	x_{R12} [%]	12,26	Razina usluge	A		

Tablicom 16. prikazani su izračunati evaluacijski parametri za zone ulijevanja i izlijevanja. Plavo u navedenoj tablici su ulazni parametri, a sivo izračunati parametri. Vidimo da su stupnjevi iskorištenja (x) rampe, segmenta ceste prije, nakon i u području ulijevanja zanemarivi, jednako kao i u području izlijevanja. Navedeno rezultira malom gustoćom prometa u zonama ulijevanja i izlijevanja (D_R) iz čega proizlazi najviša razina usluge koja je ponuđena korisnicima prometnog sustava. Napomena je da ove zone ulijevanja i izlijevanja trenutno nisu izgrađene, ali ukoliko se izgrade, s trenutačnim prometnim opterećenjima nuditi će najvišu razinu usluge. Kod izračuna je trenutno prometno opterećenje fokusirano na jednu zonu ulijevanja/izlijevanja, uz hipotezu da će ovoliko prometno opterećenje po svakoj zoni ulijevanja i izlijevanja biti po izgradnji južnog platoa gospodarske zone Sveta Helena.

7. ZAKLJUČAK

Prometna analiza je elementarno istraživanje za svaki element prometnog sustava. Može se izrađivati za prometnu infrastrukturu, prometne tokove, organizaciju prometa i slično. Temeljem rezultata analize daju se prijedlozi daljnjih koraka usmjerenih ka rješavanju utvrđenih problema. Napravljena prometna analiza područja gospodarske zone Sveta Helena u sklopu ovog diplomskog rada sastoji se osim baznog analitičkog dijela i od planerskog dijela, te prijedloga poboljšanja nad kojima je izvršena evaluacija i komparacija s trenutnim stanjem.

U analitičkom dijelu ovog diplomskog rada prikazom prostorne dokumentacije i mogućeg razvoja gospodarskih aktivnosti na predmetnom području, odnosno trenutačnom strukturom poduzeća u gospodarskoj zoni utvrđeno je da naslijeđena cestovna prometna infrastruktura koja se koristi za dolazak prometnih tokova do gospodarske zone Sveta Helena nije ni približna optimalnoj. U trenutno izvedenom obliku uočavaju se početne naznake njezine potkapacitiranosti posebice izražene u vršnim vremenskim periodima prometnog opterećenja. Osim ovog problema izražena je i nedostatna razina sigurnosti (posebice raskrižja), zbog njihove neadekvatne izvedbe. Statičkim ručnim brojanjem prometa na trima prilaznim raskrižjima navedene gospodarske zone unutar analitičkog dijela to je potvrđeno, te je uz to dobivena i stvarna trenutna slika dinamike prometnih tokova na području obuhvata kao temelj za definiranje prijedloga poboljšanja i njihovu evaluaciju.

Kroz planerski dio uzet je u obzir budući rast intenziteta cestovnih prometnih tokova na ovom području koji može biti prouzročen trendovima rasta prometnog opterećenja na relevantnim okolnim prometnicama ili pak razvojem dodatnih gospodarskih i ostalih sadržaja u predmetnoj gospodarskoj zoni.

Temeljem kvalitetno napravljenog analitičkog i planerskog dijela kroz prijedloge poboljšanja odvijanja prometnih tokova na predmetnom području definirana su pojedina idejna rješenja raskrižja na prilazu gospodarske zone koja su važna kako bi se cestovni prometni tokovi na lak i siguran način vodili do poslovnih objekata unutar iste. Navedeni prijedlozi autora, uz prijedlog spajanja gospodarske zone na cestu visoke razine uslужnosti koji je definiran njenim Urbanističkim planom uređenja učiniti će potpunom koncepciju odvijanja prometnih tokova na području gospodarske zone Sveta Helena.

Za definirane prijedloge poboljšanja napravljena je njihova evaluacija iz koje temeljem sagledavanja glavnog evaluacijskog indikatora (razine usluge) uviđamo da predložena idejna rješenja ovog diplomskog rada doprinose krajnjem cilju, a to je optimalno odvijanje cestovnih prometnih tokova na području gospodarske zone Sveta Helena.

LITERATURA

- [1.] Dadić, I., et al.: *Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja (radna verzija)*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.
- [2.] URL: http://www.zelina.hr/portal/images/Dokumenti/info_zgn_helena.pdf, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [3.] URL: http://www.mzoip.hr/doc/elaborat_zastite_okolisa_35.pdf, (pristupljeno: prosinac 2016.)
- [4.] URL: <http://www.mppi.hr/UserDocsImages/autocesta%20A12%20brošura.pdf>, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [5.] URL: <http://www.invest-croatia-zg-county.com/poduzetnicke-zone/grad-sveti-ivan-zelina/>, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [6.] URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f2/Kroatien_Autobahnen_%28aktueller_Stand%29_hr.svg (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [7.] URL: <https://geoportal.dgu.hr/>, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [8.] Dadić, I., Kos, G.: *Prometno i prostorno planiranje*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2007.
- [9.] Vrančić, T., Nadilo, B.: *Gradilišta (Novi Outlet centri nadomak Zagreba)* Građevinar, vol. 60, p. 337 – 343., 2008.
- [10.] URL: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:148:392235>, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [11.] URL: <https://maps.google.com/>, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [12.] Legac, I.: *Raskrižja javnih cesta (Cestovne prometnice II)*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2007.
- [13.] Publikacije Hrvatskih cesta o brojanju prometa 2005. – 2016. godine
URL: <http://www.hrvatske-ceste.hr/default.aspx?id=46>, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [14.] Dadić, I., Kos, G.: *Teorija i organizacija prometnih tokova*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2007.
- [15.] Statistički podaci MUP-a RH, Policijska postaja Sveti Ivan Zelina
- [16.] Novačko, L.: *Prometno modeliranje u cestovnom prometu (skripta)*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, s. a.
- [17.] Cerovac, V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultete prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [18.] Luburić, G.: *Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1 (radni materijal za predavanja)*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.

- [19.] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci: *Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama*, Rijeka, 2014.
- [20.] URL: http://localismarket.gdi.net/TourMap/HR_ZGZUP_PodZone_hr,
(pristupljeno: lipanj 2017.)
- [21.] Dadić, I., Kos, G.: *Prometne mreže (priručnik - nastavna literatura za poslijediplomske studije)*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
- [22.] Hozjan, D., Novačko, L.: *Cestovne prometnice 2 (interna skripta za izradu seminarskog rada)*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2009.
- [23.] Pilko, H.: *Raskrižja s kružnim tokom prometa, autorizirana predavanja*, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, akademska godina 2015./2016.
- [24.] Ševrović, M., Kos, G., Jovanović, B.: *Teorija prometnih tokova, autorizirana predavanja*, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, akademska godina 2015./2016.
- [25.] Cvitanić, D.: *Teorija prometnog toka*, Građevinsko arhitektonski fakultet, Split, s. a.
- [26.] Breški, D., Cvitanić, D., Vukušić, P.: *Primjena simulacijskih modela pri izradi prometne analize*, Građevinar, vol. 62, p. 113 – 122., 2010.
- [27.] Cvitanić, D.: *Modeliranje kapaciteta i razine usluge nesemaforiziranih raskrižja*. Magistarski rad. Split: Sveučilište u Splitu, Građevinski fakultet. 2000.
- [28.] Ševrović, M., Jovanović, B.: *Teorija prometnih tokova (skripta s riješenim primjerima zadataka)*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
- [29.] Rožić, P.: *Utjecaj prometnog opterećenja na gospodarenje cestovnim sustavom*, Građevinar, vol. 57, p. 769 – 777., 2005.
- [30.] Rožić, P.: *Primjena teorije prometnog toka u brojenju prometa na cestama*, Građevinar, vol. 58, p. 25 -34., 2006.
- [31.] Dadić, I., et al.: *Teorija i organizacija prometnih tokova*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
- [32.] Cvitanić, D.: *Prometna tehnika*, Građevinsko arhitektonski fakultet, Split, s. a.

POPIS SLIKA

Slika 1. Položaj gospodarske zone u odnosu na grad Sveti Ivan Zelinu	3
Slika 2. Položaj gospodarske zone u mreži cesta visoke razine usluznosti.....	4
Slika 3. Položaj gospodarske zone u mreži autocesta, te u međunarodnim okvirima.....	5
Slika 4. Mikrolokacija područja obuhvata	6
Slika 5. Izvod Prostornog plana uređenja grada Svetog Ivan Zeline za područje obuhvata ...	9
Slika 6. Urbanistički plan uređenja gospodarske zone Sveta Helena	9
Slika 7. Poprečni presjek ulice u gospodarskoj zoni Sveta Helena.....	10
Slika 8. Dispozicija sadržaja u gospodarskoj zoni	11
Slika 9. Prikaz poduzeća u gospodarskoj zoni	14
Slika 10. Cestovne prometnice i pripadajuća raskrižja na prilazu gospodarskoj zoni	15
Slika 11. D10 od Čvora Sveta Helena do raskrižja 1	16
Slika 12. Ž3017 od raskrižja 1 do raskrižja 2.....	17
Slika 13. Ž3016 od raskrižja 2 do raskrižja 3.....	18
Slika 14. Preglednost kod približavanja i privozna preglednost	19
Slika 15. Raskrižje 1.....	19
Slika 16. Raskrižje 2.....	20
Slika 17. Raskrižje 3.....	21
Slika 18. Prikaz analiziranih brojačkih mjesta Hrvatskih cesta	22
Slika 19. Lokacije brojanja prometa	25
Slika 20. Obrazac brojanja prometa	25
Slika 21. Distribucija satnog prometa na raskrižju 1 u jutarnjem vršnom satu.....	28
Slika 22. Distribucija satnog prometa na raskrižju 1 u popodnevnom vršnom satu	29
Slika 23. Distribucija satnog prometa na raskrižju 2 u jutarnjem vršnom satu.....	31
Slika 24. Distribucija satnog prometa na raskrižju 2 u popodnevnom vršnom satu	33
Slika 25. Distribucija satnog prometa na raskrižju 3 u jutarnjem vršnom satu.....	35
Slika 26. Distribucija satnog prometa na raskrižju 3 u popodnevnom vršnom satu	36
Slika 27. Idejno rješenje raskrižja 1	44
Slika 28. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila na raskrižju 1	44
Slika 29. Idejno rješenje raskrižja 2	46
Slika 30. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila na raskrižju 2	46
Slika 31. Idejno rješenje raskrižja 3	48
Slika 32. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila na raskrižju 3	48

Slika 33. Shematski prikaz spajanja gospodarske zone Sveta Helena na cestu D10	49
Slika 34. Metodologija utvrđivanja propusne moći na nesemaforiziranom raskrižju razini....	51
Slika 35. Hijerarhija prometnih tokova na nesemaforiziranom raskrižju razini	51
Slika 36. Metodologija utvrđivanja propusne moći na raskrižju s kružnim tokom prometa ..	58
Slika 37. Prometni tokovi u raskriju s kružnim tokom prometa	60
Slika 38. Metodologija za proračun utvrđivanja propusne moći i razine usluge u zonama ulijevanja i izlijevanja prometnih tokova	63
Slika 39. Osnovne varijable za zone ulijevanja i izlijevanja	64

POPIS TABLICA

Tablica 1. Osnovni podaci logističko distributivnom centru Alca.....	12
Tablica 2. Osnovni podaci o logističkom centru Billa	12
Tablica 3. Ekvivalentne jedinice putničkih automobila	26
Tablica 4. Struktura i broj prometnih nesreća analiziranih raskrižja na godišnjoj razini.....	37
Tablica 5. Prognoza prometnog opterećenja za razdoblje do 2037. godine.....	39
Tablica 6. Prognoza prometnog opterećenja analiziranih raskrižja za razdoblje do 2037. godine iskazanog u PGDP-u	40
Tablica 7. Bazične vrijednosti kritičnih vremenskih praznina i vremena slijeđenja.....	53
Tablica 8. Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena čekanja	57
Tablica 9. Aproksimativne vrijednosti kapaciteta rampi ovisno o brzini slobodnog toka i broju traka	65
Tablica 10. Kapacitet zone ulijevanja prometnih tokova ovisno o brzini slobodnog toka i broju traka	65
Tablica 11. Kapacitet zone izlivanja prometnih tokova ovisno o brzini slobodnog toka i broju traka	65
Tablica 12. Kriteriji za utvrđivanje razine usluge u zonama ulijevanja i izlivanja prometnih tokova.....	66
Tablica 13. Vrijednosti evaluacijskih parametara na raskrižju 1	67
Tablica 14. Vrijednosti evaluacijskih parametara na raskrižju 2	68
Tablica 15. Vrijednosti evaluacijskih parametara na raskrižju 3	69
Tablica 16. Vrijednosti evaluacijskih parametara u zoni ulijevanja i izlivanja prometnih tokova kod spajanja gospodarske zone Sveta Helena na cestu D10	70

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Prometno opterećenje na brojačkom mjestu 2002 (A4 – Sveta Helena sjever)....	23
Grafikon 2. Prometno opterećenje na brojačkom mjestu 2008 (D10 – Sveta Helena)	23
Grafikon 3. Prometno opterećenje na brojačkom mjestu 2003 (D3 – Blaževdol)	24
Grafikon 4. Prometno opterećenje pojedinih privoza i raskrižja 1 u jutarnjem vršnom satu...	27
Grafikon 5. Struktura prometnog toka na raskrižju 1u jutarnjem vršnom satu.....	27
Grafikon 6. Prometno opterećenje pojedinih privoza i raskrižja 1 u popodnevnom vršnom satu	28
Grafikon 7. Struktura prometnog toka na raskrižju 1u popodnevnom vršnom satu	29
Grafikon 8. Prometno opterećenje pojedinih privoza i raskrižja 2 u jutarnjem vršnom satu...	30
Grafikon 9. Struktura prometnog toka na raskrižju 2 u jutarnjem vršnom satu.....	30
Grafikon 10. Prometno opterećenje pojedinih privoza i raskrižja 2 u popodnevnom vršnom satu	32
Grafikon 11. Struktura prometnog toka na raskrižju 2 u popodnevnom vršnom satu	32
Grafikon 12. Prometno opterećenje pojedinih privoza i raskrižja 3 u jutarnjem vršnom satu.	34
Grafikon 13. Struktura prometnog toka na raskrižju 3 u jutarnjem vršnom satu.....	34
Grafikon 14. Prometno opterećenje pojedinih privoza i raskrižja 3 u popodnevnom vršnom satu	35
Grafikon 15. Struktura prometnog toka na raskrižju 3 u popodnevnom vršnom satu	36
Grafikon 16. Komparacija vremena kašnjenja i pripadajuće razine usluge postojeće i predložene izvedbe raskrižja 1	67
Grafikon 17. Komparacija vremena kašnjenja i pripadajuće razine usluge postojeće i predložene izvedbe raskrižja 2	68
Grafikon 18. Komparacija vremena kašnjenja i pripadajuće razine usluge postojeće i predložene izvedbe raskrižja 3	69

PRILOZI

Prilog 1. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 1

01.06.2017. od 05:45 do 06:45 sati

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	12	0-15'	12	5	0	0
		15'-30'	23	4	1	0
		30'-45'	30	8	0	0
		45'-60'	25	6	0	0
		Σ	92	23	1	0
		EJA	92	46	2	0
	svakupno vozila	116				
	svakupno EJA	140				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	21	0-15'	18	8	1	0
		15'-30'	10	3	0	0
		30'-45'	30	9	0	0
		45'-60'	15	5	1	0
		Σ	73	25	2	0
		EJA	73	50	4	0
	svakupno vozila	100				
	svakupno EJA	127				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	13	0-15'	6	0	0	0
		15'-30'	8	1	0	0
		30'-45'	7	0	0	0
		45'-60'	6	1	0	0
		Σ	27	2	0	0
		EJA	27	4	0	0
	svakupno vozila	29				
	svakupno EJA	31				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	23	0-15'	0	0	0	0
		15'-30'	8	1	0	0
		30'-45'	9	0	0	0
		45'-60'	5	0	0	0
		Σ	22	1	0	0
		EJA	22	2	0	0
	svakupno vozila	23				
	svakupno EJA	24				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	14	0-15'	6	2	2	0
		15'-30'	8	0	0	0
		30'-45'	10	2	0	0
		45'-60'	5	0	0	0
		Σ	29	4	2	0
		EJA	29	8	4	0
	svakupno vozila	35				
	svakupno EJA	41				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	24	0-15'	10	2	0	0
		15'-30'	12	1	1	0
		30'-45'	16	2	1	0
		45'-60'	13	0	0	0
		Σ	51	5	2	0
		EJA	51	10	4	0
	svakupno vozila	58				
	svakupno EJA	65				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	31	0-15'	7	0	0	0
		15'-30'	5	1	0	0
		30'-45'	8	1	0	0
		45'-60'	7	0	0	0
		Σ	27	2	0	0
		EJA	27	4	0	0
	svakupno vozila	29				
	svakupno EJA	31				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	41	0-15'	9	0	0	0
		15'-30'	7	0	0	2
		30'-45'	8	0	0	0
		45'-60'	5	0	0	0
		Σ	29	0	0	2
		EJA	29	0	0	1
	svakupno vozila	31				
	svakupno EJA	30				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	32	0-15'	6	0	0	0
		15'-30'	7	1	0	0
		30'-45'	17	2	0	0
		45'-60'	15	1	0	0
		Σ	45	4	0	0
		EJA	45	8	0	0
	svakupno vozila	49				
	svakupno EJA	53				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	42	0-15'	8	1	0	0
		15'-30'	10	2	0	0
		30'-45'	15	3	0	0
		45'-60'	10	1	0	0
		Σ	43	7	0	0
		EJA	43	14	0	0
	svakupno vozila	50				
	svakupno EJA	57				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	34	0-15'	3	0	0	0
		15'-30'	3	0	0	0
		30'-45'	3	0	0	0
		45'-60'	1	0	0	0
		Σ	12	0	0	0
		EJA	12	0	0	0
	svakupno vozila	12				
	svakupno EJA	12				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	43	0-15'	3	0	0	0
		15'-30'	4	0	0	0
		30'-45'	3	0	0	0
		45'-60'	2	1	0	0
		Σ	12	1	0	0
		EJA	12	2	0	0
	svakupno vozila	13				
	svakupno EJA	14				

01.06.2017. od 13:30 do 14:30 sati

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	12	0-15'	23	4	0	0
		15'-30'	16	7	0	0
		30'-45'	28	5	0	0
		45'-60'	13	9	1	0
		Σ	80	25	1	0
		EJA	80	50	2	0
	svakukupno vozila	106				
	svakukupno EJA	132				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	21	0-15'	44	13	1	0
		15'-30'	50	12	0	0
		30'-45'	28	17	0	0
		45'-60'	36	9	0	0
		Σ	158	51	1	0
		EJA	158	102	2	0
	svakukupno vozila	210				
	svakukupno EJA	262				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	13	0-15'	8	2	0	0
		15'-30'	4	0	0	0
		30'-45'	10	0	0	0
		45'-60'	3	0	0	0
		Σ	25	2	0	0
		EJA	25	4	0	0
	svakukupno vozila	27				
	svakukupno EJA	29				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	23	0-15'	4	0	0	0
		15'-30'	3	1	0	0
		30'-45'	7	2	0	0
		45'-60'	1	0	0	0
		Σ	17	3	0	0
		EJA	17	6	0	0
	svakukupno vozila	20				
	svakukupno EJA	23				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	14	0-15'	9	1	0	0
		15'-30'	6	0	0	0
		30'-45'	14	0	0	0
		45'-60'	11	2	0	0
		Σ	40	3	0	0
		EJA	40	6	0	0
	svakukupno vozila	43				
	svakukupno EJA	46				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	24	0-15'	18	2	0	0
		15'-30'	12	1	0	0
		30'-45'	21	0	0	0
		45'-60'	14	0	1	0
		Σ	65	3	1	0
		EJA	65	6	2	0
	svakukupno vozila	69				
	svakukupno EJA	73				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	31	0-15'	8	2	0	0
		15'-30'	12	0	0	0
		30'-45'	6	0	0	0
		45'-60'	8	0	0	0
		Σ	34	2	0	0
		EJA	34	4	0	0
	svakukupno vozila	36				
	svakukupno EJA	38				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	41	0-15'	12	0	0	1
		15'-30'	8	0	0	0
		30'-45'	2	0	0	0
		45'-60'	4	0	0	0
		Σ	26	0	0	1
		EJA	26	0	0	0,5
	svakukupno vozila	27				
	svakukupno EJA	26,5				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	32	0-15'	4	3	1	0
		15'-30'	3	1	0	0
		30'-45'	6	1	1	0
		45'-60'	6	1	0	0
		Σ	21	6	2	0
		EJA	21	12	4	0
	svakukupno vozila	29				
	svakukupno EJA	37				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	42	0-15'	6	1	0	0
		15'-30'	3	1	0	0
		30'-45'	6	1	0	0
		45'-60'	8	2	0	0
		Σ	23	5	0	0
		EJA	25	10	0	0
	svakukupno vozila	30				
	svakukupno EJA	35				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	34	0-15'	1	2	0	0
		15'-30'	3	0	0	0
		30'-45'	0	0	0	0
		45'-60'	3	0	0	0
		Σ	9	2	0	0
		EJA	9	4	0	0
	svakukupno vozila	11				
	svakukupno EJA	13				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	43	0-15'	4	0	0	0
		15'-30'	4	0	0	0
		30'-45'	3	0	0	0
		45'-60'	2	0	0	1
		Σ	13	0	0	1
		EJA	13	0	0	0,5
	svakukupno vozila	14				
	svakukupno EJA	13,5				

Prilog 2. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 2

06.06.2017. od 05:45 do 06:45 sati

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	12	0-15'	23	2	0	0
		15'-30'	8	1	0	0
		30'-45'	7	1	0	0
		45'-60'	16	0	0	0
		Σ	54	4	0	0
		EJA	54	8	0	0
	svakukupno vozila	58				
		svakukupno EJA				
		62				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	13	0-15'	34	4	0	0
		15'-30'	35	3	0	0
		30'-45'	30	3	0	0
		45'-60'	55	2	0	0
		Σ	174	12	0	0
		EJA	174	24	0	0
	svakukupno vozila	187				
		svakukupno EJA				
		198				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	21	0-15'	13	0	0	1
		15'-30'	7	0	0	0
		30'-45'	2	0	0	0
		45'-60'	10	1	0	1
		Σ	32	1	0	2
		EJA	32	2	0	1
	svakukupno vozila	35				
		svakukupno EJA				
		35				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	23	0-15'	8	3	0	0
		15'-30'	10	8	1	0
		30'-45'	20	8	0	0
		45'-60'	12	5	0	0
		Σ	50	24	1	0
		EJA	50	48	2	0
	svakukupno vozila	75				
		svakukupno EJA				
		100				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	31	0-15'	7	1	0	0
		15'-30'	15	7	0	0
		30'-45'	16	3	1	0
		45'-60'	8	7	1	0
		Σ	46	18	2	0
		EJA	46	36	4	0
	svakukupno vozila	66				
		svakukupno EJA				
		86				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 – 06:45	32	0-15'	37	8	2	0
		15'-30'	7	3	0	0
		30'-45'	7	5	0	0
		45'-60'	21	2	1	0
		Σ	72	18	3	0
		EJA	72	36	6	0
	svakukupno vozila	93				
		svakukupno EJA				
		114				

06.06.2017. od 13:30 do 14:30 sati

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 – 14:30	12	0-15'	21	2	0	0
		15'-30'	10	0	0	0
		30'-45'	2	1	0	0
		45'-60'	2	1	0	0
		Σ	35	4	0	0
		EJA	35	8	0	0
	svakukupno vozila	39				
		svakukupno EJA				
		43				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 – 14:30	13	0-15'	17	7	0	0
		15'-30'	21	0	0	0
		30'-45'	21	1	0	0
		45'-60'	18	4	0	0
		Σ	77	12	0	0
		EJA	77	24	0	0
	svakukupno vozila	89				
		svakukupno EJA				
		101				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 – 14:30	21	0-15'	2	0	0	0
		15'-30'	8	0	0	0
		30'-45'	20	0	0	0
		45'-60'	14	0	0	0
		Σ	44	0	0	0
		EJA	44	0	0	0
	svakukupno vozila	44				
		svakukupno EJA				
		44				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 – 14:30	23	0-15'	17	6	0	0
		15'-30'	9	3	0	0
		30'-45'	45	4	0	0
		45'-60'	27	2	1	0
		Σ	98	15	1	0
		EJA	98	30	2	0
	svakukupno vozila	114				
		svakukupno EJA				
		130				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 – 14:30	31	0-15'	22	13	0	0
		15'-30'	22	16	0	0
		30'-45'	23	6	0	0
		45'-60'	22	9	0	2
		Σ	91	44	0	2
		EJA	91	88	0	1
	svakukupno vozila	137				
		svakukupno EJA				
		180				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 – 14:30	32	0-15'	39	7	1	0
		15'-30'	14	8	0	0
		30'-45'	11	5	0	0
		45'-60'	2	13	0	0
		Σ	66	33	1	0
		EJA	66	66	2	0
	svakukupno vozila	100				
		svakukupno EJA				
		134				

Prilog 3. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 3

07.06.2017. od 05:45 do 06:45 sati

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 - 06:45	12	0-15'	2	0	0	0
		15'-30'	1	0	0	0
		30'-45'	0	0	0	0
		45'-60'	2	0	0	0
		Σ	5	0	0	0
		EJA	5	0	0	0
	svakupno vozila	5				
	svakupno EJA	5				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 - 06:45	13	0-15'	4	0	0	0
		15'-30'	5	0	0	0
		30'-45'	8	0	0	0
		45'-60'	3	0	0	0
		Σ	20	0	0	0
		EJA	20	0	0	0
	svakupno vozila	20				
	svakupno EJA	20				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 - 06:45	21	0-15'	0	0	0	0
		15'-30'	0	0	0	0
		30'-45'	2	0	0	0
		45'-60'	5	0	0	0
		Σ	7	0	0	0
		EJA	7	0	0	0
	svakupno vozila	7				
	svakupno EJA	7				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 - 06:45	23	0-15'	8	3	0	0
		15'-30'	10	8	1	0
		30'-45'	19	8	0	0
		45'-60'	15	4	0	0
		Σ	52	23	1	0
		EJA	52	46	2	0
	svakupno vozila	76				
	svakupno EJA	100				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 - 06:45	31	0-15'	4	0	0	0
		15'-30'	8	0	0	0
		30'-45'	3	0	0	0
		45'-60'	3	0	0	0
		Σ	18	0	0	0
		EJA	18	0	0	0
	svakupno vozila	18				
	svakupno EJA	18				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
05:45 - 06:45	32	0-15'	45	8	2	0
		15'-30'	14	4	0	0
		30'-45'	13	5	0	0
		45'-60'	36	1	1	0
		Σ	108	18	3	0
		EJA	108	36	6	0
	svakupno vozila	129				
	svakupno EJA	150				

07.06.2017. od 13:30 do 14:30 sati

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	12	0-15'	0	0	0	0
		15'-30'	4	0	0	0
		30'-45'	1	0	0	0
		45'-60'	1	0	0	0
		Σ	6	0	0	0
		EJA	6	0	0	0
	svakupno vozila	6				
	svakupno EJA	6				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	13	0-15'	5	2	0	0
		15'-30'	6	1	0	0
		30'-45'	5	1	0	0
		45'-60'	4	0	0	0
		Σ	20	4	0	0
		EJA	20	8	0	0
	svakupno vozila	24				
	svakupno EJA	28				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	21	0-15'	0	0	0	0
		15'-30'	0	0	0	0
		30'-45'	4	0	0	0
		45'-60'	1	0	0	0
		Σ	5	0	0	0
		EJA	5	0	0	0
	svakupno vozila	5				
	svakupno EJA	5				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	23	0-15'	5	5	0	0
		15'-30'	6	7	0	0
		30'-45'	53	6	0	0
		45'-60'	38	5	1	0
		Σ	102	23	1	0
		EJA	102	46	2	0
	svakupno vozila	126				
	svakupno EJA	150				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	31	0-15'	3	1	0	0
		15'-30'	2	0	0	0
		30'-45'	5	0	0	0
		45'-60'	3	0	0	0
		Σ	13	1	0	0
		EJA	13	2	0	0
	svakupno vozila	14				
	svakupno EJA	15				

Sat	Smjer	15'-int	OA	TA	BUS	MOT
13:30 - 14:30	32	0-15'	49	8	1	0
		15'-30'	25	10	0	0
		30'-45'	15	5	0	0
		45'-60'	10	14	0	0
		Σ	99	37	1	0
		EJA	99	74	2	0
	svakupno vozila	137				
	svakupno EJA	175				

Prilog 4. Idejno rješenje raskrižja 1

Prilog 5. Idejno rješenje raskrižja 2

Prilog 6. Idejno rješenje raskrižja 3



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Prometna analiza i prijedlozi poboljšanja odvijanja prometnih
tokova na području gospodarske zone Sveta Helena**
na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 30.6.2017 _____

Student/ica:

Nino Štalo
(potpis)